

RADIO

ČASOPIS
PRO PRAKTICKOU
ELEKTRONIKU

ROČNÍK XL (LXIX) 1991

ELECTUS '91 OBSAH

Radiotelegrafisté paradesantních skupin V. Británie – Československo 1939 – 1945	1
Měřicí technika	
Měření střídavých veličin univerzálními multimetry	8
Multimetr s obvodem 7106	10
Úprava multimetru z Přílohy AR 1990	14
Měřič teploty s MAA723	15
Zdokonalení multimetru DMM2003	16
Připojení digitálního zobrazovacího modulu 4DM2000 k IO C520	17
Sousový – koaxiální – vinoměr	18
Značkováč pro rozmitaný generátor	20
Když se řekne operační zesilovač	22
Technika radioamatérského sportu	
Sítě převáděčových stanic pro paket radio	28
Elektronická poštovní schránka – mailbox	31
Fázoměr	35
Výpočet elektronických obvodů	
Výpočet malých vzduchových cívek	36
Eliptická pásmová propust	37
Výpočet pásmové propusti s OZ	38
Zajímavé IO	
TUA1574, TUA1574-X6	40
TSA6057, TSA6057T	42
Různé aplikované elektroniky	
Digitální otáčkoměr – voltmetr	45
Elektrické měření a indikace spotřeby benzínu	47
Automat pro řízení malé vodní elektrárny	50
Podstatné zlepšení zabezpečovacího zařízení	
Alarmic	56
Japonská pistolová kombinovaná odpáječka DENON SC5000A	57
Desky s plošnými spoji a jejich výroba	58
Napájecí zdroje	
Začátky elektrochemie	67
Elektrochemické zdroje	69
Síťové zdroje	72
Mikroprocesorem řízená mikropáječka DENON SS6000	74
Miniaturní měniče	75
Impulsní nabíječ akumulátorů	76
Stabilizovaný zdroj 0 až 30 V, 0 až 1 A	78

ELECTUS '91 Příloha časopisu Amatérské radio

Vydal **MAGNET-PRESS** Praha, redakce Amatérské radio. Adresa redakce: Jungmannova 24, 113 66 Praha 1, tel. 26 06 51-7. Šéfredaktor L. Kalousek, OK1FAC. Redaktoři: Ing. P. Engel, P. Havliš, OK1PFM, Ing. J. Kellner, Ing. J. Klábal, OK1UKA. Sekretářka redakce T. Trnková, linka 355. Vytisklo Naše vojsko, závod 02, Vlastina 889/23, Praha 6.

Za původnost a správnost příspěvku ručí autor.

© Vydavatelství MAGNET-PRESS s.p., Praha.

ISSN: 0862-9943

Cena: 15 Kčs

Radiotelegrafisté paradesantních skupin V. Británie – Československo 1939 – 1945

Vítězslav Hanák, OK1HR

K událostem druhé světové války, hrubě falzifikovaným a úporně vytěšňovaným z našich novodobých dějin během uplynulých čtyř desetiletí vlády jedné strany, patřila účast občanů ČSR v boji proti fašismu na straně západních spojenců.

Vyzdvihování osudů jedné a zamlčování zásluh druhých patřilo po dlouhá léta ke koloritu společenského zřízení v naší vlasti. Bojová činnost vojáků Samostatné obrněné brigády ve Velké Británii, letců československých leteckých perutí a mužů Zvláštní skupiny D-parasutistů, pokud se o ni vůbec hovořilo, byla v lepším případě zlehčována, v horším případě se o ni hovořilo jako o „protidivné na straně imperialistických mocností“.

Za nicotné a ve válečném úsilí nic neznamenající bylo vydáváno jejich upřímné vlastenectví i statečné činy v boji proti fašismu. Po „vítězství dělnické třídy nad reakcí“ v únoru 1948 byli jako nepřátelská skupina drceni a válcováni komunistickou mocí, která je odsoudila do postavení občanů třetího, ne-li dalšího řádu.

V tom vědomé nejhorším (a nejčastějším) případě byli vojáci jednotek bojujících na západní frontě za tuto činnost tupeni, týráni duševně i fyzicky, posíláni do vězení a do táborů nucených prací. Některé z nich „strana dělníků, rolníků a pracujících inteligence“ odměnila sobě vlastním způsobem. Dala je popravit.

Neuvěřitelnou se stala skutečnost, že důvodem k represím vůči tisícovkám těchto lidí bylo to, že v boji proti fašismu stáli „na nesprávné světové straně“.

Jednou z tvrdě pronásledovaných skupin byli ti, kteří ve válečném úsilí vzali dobrovolně na svá bedra jednu z nejtěžších úkolů. Byli to muži Zvláštní skupiny D druhého odboru Ministerstva národní obrany v Londýně. Muži zařazení do paradesantních skupin a postupně vysazovaní na okupovaném území ČSR. Mužům z těchto skupin, hlavně však radiotelegrafistům, patří následující řádky.

... až začne druhá světová válka ...
budeme muset připravit organizaci
odporu doma, zřídit stálý styk ...

V době, kdy Dr. Edvard Beneš formuloval tyto myšlenky, asi nikdo netušil, že Mníchovem 1938 a potom patnáctým březnem 1939 začne jedna z kalvánií národů Československé republiky a že jejich naplnění si vyžádá tak obrovské lidské a materiální oběti. Odchodem prezidenta Beneše do zahraničí začala i první etapa jeho styku s politickými příznivci doma, etapa kurýrního spojení. Značné omezení tohoto druhu spojení způsobila okupace republiky. Navíc se kurýrní spojení v průběhu času ukázalo být nejen zdoluhavým, ale časem dokonce neuskutečnitelným. Zcela chybné byly představy, že bude možné využít způsobů styku tak, jak byly praktikovány v letech první světové války.

Po odchodu Dr. Beneše do zahraničí bylo kurýrní spojení asi od listopadu 1938 udržováno nejprve formou osobního kontaktu prezidenta se svými příznivci doma. Posléze, po okupaci ČSR od března do podzimu 1939, zůstalo jako jediná existující forma styku zpravodajské skupiny plk. Moravce, která odletěla 14. března do Anglie, s příslušníky zpravodajského oddělení, kteří

zůstali na okupovaném území. Současně bylo vyvíjeno úsilí o zkvalitnění oboustranného spojení a hledány jeho nové způsoby. Jako zcela nezbytné se jevílo opět navázání kontaktu s Paulem Thümmelem, agentem zpravodajského oddělení, známým pod označením A-54.

A tak ti, kdož cítili zodpovědnost za informování představitelů zahraničního odboje o situaci doma, se pustili do nelehké práce. Obětavosti řady lidí se podařilo opatřit potřebné součástky, postavit radiostanice, dohodnout provozní údaje a v srpnu 1939 zahájit pokusný rádiový provoz stanic SPARTA. Na zřízení a provozu těchto stanic, o jejichž činnosti mnohem zasvěceněji již hovořili jini v 8., se rozhodnou mírou podíleli i radioamatérští vysíláči: OK1AA, Ing. M. Schäferling, který přeměnil a oživil zařízení OK1AU, Ing. Jan Budík, technik zpravodajského oddělení MNO; OK1FR, F. Franěk, radiotelegrafista do zatčení v prosinci 1939; OK1PS, MUDr. P. Šmíd, který poskytl technickou pomoc.

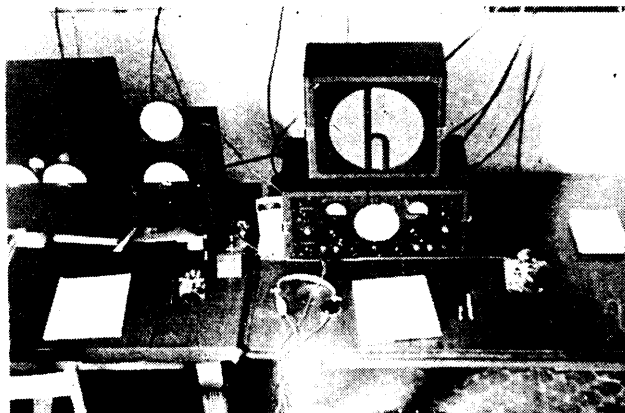
Další Češi a Slováci, kteří se nesmířili s osudem republiky, odcházeli do zahraničí. Strastiplnými cestami, plnými oklik a odkládků, se řada z nich dostala do Velké Británie. Anglická puda se stala přechodným domovem tisícovek občanů ČSR. Zde byla 12. 8. 1940 zřízena Čs. smíšená brigáda, přejmenovaná potom 1. července 1941 na 1. čs. samostatnou brigádu, která se stala základnou pro vytvoření Samostatné obrněné brigády dne 1. 9. 1943.

Vojenská rádiová ústředna

S úkolem navázat a udržovat rádiové spojení mezi domovem a zpravodajskou skupinou v Londýně (později II. odborem MNO), mezi Londýnem a Paříží, či Bělehradem, Bukureští, Ženevou, Moskvou, Istanbulem a dalšími místy, byla zřízena na podzim 1939 Vojenská rádiová ústředna (VRÚ). Její první stanoviště v Londýně-WEST DULWICH bylo vybaveno skromně jak lidmi, tak materiálem. Velitelem byl por. Stuchlý, obsluhu tvořili radiotelegrafisté rtn. K. Barva a rtn. F. Malý. K nim přibyl v březnu 1940 rtn. V. Modrák. Ústředna byla umístěna v podkrovi vilky na Rosendalo Rd. Vybavena byla dvěma přijímači, dvěma drátovými anténami, jedním vysílačem 150 W a jedním vysílačem 30 W (obr. 1). Přes tyto, na současné nároky primitivní podmínky dosáhli radiotelegrafisté VRÚ vynikajících výsledků a splnili stěžejní úkol. Navázali a udržovali spojení se stanicemi, vysílajícími z okupované republiky. Od zahájení činnosti VRÚ do konce roku 1939 přijali 66 a vyslali 155 telegramů.

Práce radiotelegrafistu byla složité a velmi náročná na fyzickou i psychickou kondici. Vyžadovala trpělivost, pečlivost, vlastenecké nadšení a výsoké vyvinutý smysl pro přátelství. Ostatně přečtěme si, jak na spolupráci s radiotelegrafisty skupiny BARIUM, čet. asp. J. Žížkou, vzpomíná po několika desítkách let tehdejší telegrafista VRÚ, plk. v.v. Jan Štursa: „... Koncem

Obr. 1. Část zařízení VRÚ ve West Dulwich



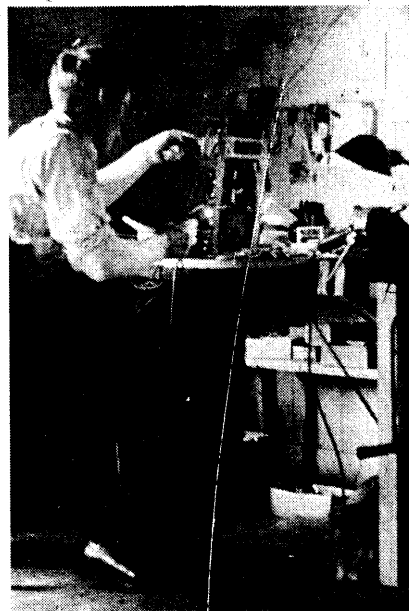
března přišel příkaz zahájit odposlech stanice MARTA. Určené dny pro navázání spojení (dvakrát v týdnu) v 5 hodin ráno a v 6 hodin večer chodili mi dva kolegové dobrovolně pomáhat a již při třetím odposlechu se Žižka ozval. Pobroukával si tam tu svoji volací značku SON, ale dlouho nás neslyšel. Volali jsme ho tedy na třech různých kmitočtech třemi vysílací. Nakonec jsme spojení navázali a on předal depeši. Relace trvala přes 20 minut, neměli jsme to vše chyceno, ale těch několik málo oprav jsem nezádal. Chtěli jsme stanice doma co nejméně zdržovat na jednom kmitočtu. Pak se asi 14 dní odmícel a poté začal vysílat velmi často, někdy až šestkrát denně. Jeho vysílání se postupně stalo mistrovským. Nevysílal již volací značky a mně ve většině případů stačilo jeho ladění na smluveném kmitočtu. Býval jsem leckdy po relaci dosti unaven, vysílal velmi rychle a v nabitém válečném éteru byl příjem často obtížný a unavující. Spojení jsme navazovali bleskově. MARTA byla v té době jedinou stanicí, která nás spojovala s domovem a byl jsem na ni jaksepatří pyšný. 'Neradiotelegrafisté' dost těžko pochopí, že radiotelegrafie je jako řeč, každý má jinou, nenapodobitelnou charakteristiku a i různé nálady – i stísněnost se na klíči vycítí. Dost dlouho, přes půl roku, jsme si spolu povídali a patřilo to k mým nezapomenutelným zážitkům z války. Vojevní historikové dnes konstatují, že činnost skupiny BARIUM byla velmi dobrá. K tomu chci dodat, že práce jejich telegrafistů byla vynikající. Nechal za sebou kus poctivé práce. Pro ty, co jej znali, se stal vzorem poctivého a statečného člověka."

trum spojení s takřka nepřetržitým tokem informací o stavu domácího odboje a situaci na okupovaném území.

Zrada a vlastenectví v nerovném boji

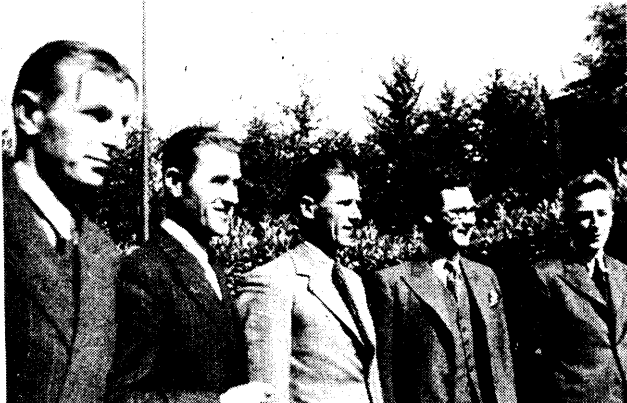
Vzájemné kontakty mezi Londýnem a domácím odbojem ani nemohly být zcela nepřetržité. Domácí odbojové hnutí, hledající ty nejvhodnější formy činnosti a odporu, bylo postupně nacisty decimováno, vytvořené struktury a spoje rozrušovány. Převládající vlastenectví prvních dnů po okupaci Československa a z něj plynoucí projevy odporu se ukázaly být nesouměřitelné s propracovaným nacistickým mechanismem potlačování jakéhokoliv projevu odporu či nesouhlasu. Čím víc se nacistický správní, bezpečnostní a vojenský aparát orientoval a upevňoval, tím hlouběji zasahoval do budovaných struktur domácího hnutí odporu. Ztráty byly o to citelnější, že první vlnu protinacistického odboje představovali lidé s vysokým vlasteneckým cítěním, hlubokými morálními zásadami a demokratickým smýšlením.

Nacistům se dařilo, ať už vlastním přičiněním, či zásluhou konfidentů z řad českého obyvatelstva (o lidi tohoto typu neměl na našich územích žádný nedemokratický režim nouzi) pronikat



Obr. 3. Rtm. Šimandl při oživování vysílání (Woldingham)

Obr. 4. Obsluha VRÚ. Zleva rtm. V. Rettich, rtm. K. Barva, por. Stuchlý, rtm. V. Marek a technik rtm. A. Šimandl



V květnu 1940 byla VRÚ přemístěna do Woldinghamu (obr. 2), který potom v říjnu zaměnila za Hockliffe u Bedfordu. Byla doplněna obsluha, zlepšilo se i technické vybavení. Radiotelegrafisté doplnili rtm. V. Rettich, čet. asp. J. Štursa, rtm. K. Svoboda, rtm. V. Marek a přechodně další telegrafisté, kteří zde byli zařazeni v rámci zdokonalovacího výcviku. Přibyl mechanik rtm. Antonín Šimandl (obr. 3) a rtm. J. Pospíšil. Velitelem se stal v srpnu 1942 npor. Zdeněk Gold. Vojenská rádiová ústředna byla umístěna v pěti budovách z vnitřního plechu. Byly vybudovány anténní systémy, sestávající z dvanácti dipólů pro vysílání a dvanácti dipólů pro přijímací. Konečnou technickou výbavu tvořily:

- dva vysílání NATIONAL po 250 W, jeden vysílání NATIONAL se 360 W;
- jeden vysílání Mk III se 30 W;
- tři přijímače NATIONAL, tři přijímače HALLICRAFTERS-SX (Skyrider);
- rádiové prostředky doplňovalo telefonické a dálkopisné spojení.

Misto VRÚ po čas celé světové války bylo nezastupitelné. Byla nejen střediskem spojení se stanicemi doma, ale i místem zdokonalovacího výcviku pro ty radiotelegrafisty, kteří byli později zařazeni do paradesantních skupin a vysílání do okupované republiky. Vzájemné osobní poznání a poznání způsobu práce mělo nesporný vliv na úroveň spolupráce v dalším období společné činnosti. Zpravodajská služba měla spolehlivé cen-

Obr. 2. VRÚ ve Woldinghamu. Při vysílání rtm. V. Marek

do odbojových organizací a skupin. S jejich exponenty se mohl vypořádávat zpravidla s děsivou krutostí a jednou provždy.

Tak byly zlikvidovány skupiny VJVD (Ústřední vedení odboje domácího), ON (Obrana národa) a systematicky vypátrány a zničeny jejich stanice SPARTA I a SPARTA II. V tu dobu hrozilo vážné nebezpečí, že londýnská vláda zůstane bez aktuálních informací z obsazeného území republiky a že nebude moci usměrňovat domácí protinacistický odboj.

Na popud zpravodajského oddělení MNO byli z řad vojáků brigády vybíráni dobrovolníci pro plnění úkolů v okupované republice. Vznikla Zvláštní skupina D, jejíž příslušníci měli posílit domácí odboj a zředit trvalé spojení mezi Anglií a domovem. Úkol to nebyl snadný. Co, stručně řečeno, představoval:

- dobrovolníky připravit po odborné stránce, vycvičit šifranty a radiotelegrafisty;
- zajistit dostatečné množství spojovacího materiálu, kterým by bylo možné zředit a udržovat požadované spojení;
- zajistit vhodné zbraně a osobní výbavu pro jednotlivce i skupiny;
- připravit je na obtížný způsob přepravy a vysazení;
- připravit je na okolnost, že se nemusí vždy setkat s pochopením nebo pomocí a že nacisté nemilosrdně likvidují své protivníky.

Přes to všechno, co bylo řečeno, přicházeli další muži do speciálních kursů a podstupovali mimořádné svízele při výcviku. Další muži odlétali na palubách letounů anglických peruti nad území porobené a pokrovené republiky, aby se potom na padácích snášeli na rodnou půdu, která se k nim často zachovala macešsky. Drtivá většina z nich to přijala jako samozřejmý úděl muže a vojáka. Pustili se do nerovného boje. Do boje, z kterého velice často nebylo uniknutí, kdy nejvyšší oběti naplnili slova vojenské přísahy. Snímky radiotelegrafistů, kteří položili svoje životy, jsou na 2. straně obálky.

Výcvik radiotelegrafistů

Vybraní muži z řad dobrovolníků odcházeli do různých výcvikových středisek (Special Training Schools-STS). Budoucí radiotelegrafisté paradesantních skupin, z nichž málokterý byl radiotelegrafistou v minulosti, byli odesláni do STS se speciální, zhruba tříměsíční přípravou. Zde bylo těžiště položeno na zdokonalovací výcvik v příjmu a vysílání značek Morseovy abecedy. Účastníci tohoto kursu uvádějí, že to byl nanejvýš intenzivní výcvik od rána do noci. Střídali se ve vysílání a příjmu.

Tab. 1
Radiotelegrafisté paraskupin:

Prijem – vysílání	Dosažené výsledky	Prijem	Vysílání
100 až 120 zn. za minutu	svob. Jasinek čet. asp. Šíkola	135 120	100 120

Normy platné v současné době v Československé armádě (ČSAr):

Třída	2	1	Mistr	Pozn.
3				
50 zn	60 zn	80 zn	120 zn	průměrné tempo za minutu
písm. 150 čís. 120	180 150	240 195	360 255	po dobu 3 minut

Radiotelegrafisté profesionálních služeb:
podle: Radiokomunikační řád, 1959

1. třída	2. třída	po dobu 5 minut přijímat-vysílat text písmen, číslic, znamének (čís. a znaménka se počítají za dva znaky)	Pozn.
20, skup.	16 skup.		skupina 5 znaků
125 zn/min	100 zn/min	přijímat-vysílat text v jasné řeči	

Radioamatérů v ČSFR:

vysílat a přijímat tempem/min	tř. C	tř. B	tř. A
	60 zn	80 zn	120 zn

Norma pro příjem i klíčování byla stanovena na 100 až 120 znaků za minutu. Pro porovnání uvádím tabulku s přehledem různých nároků na schopnosti radiotelegrafistů.

Závěr je jednoznačný. Požadavky kladené na radiotelegrafisty paradesantních skupin byly nanejvýš náročné. I když vezme-
me v úvahu, že základní tempo v příjmu a vysílání značek Morseovy abecedy ovládali, doba zdokonalovacího výcviku nebyla nijak dlouhá a dosažené výsledky byly obdivuhodné. To se týká jak výsledků při přezkoušení před odletem, tak i výsled-
ků dosahovaných později v praktickém provozu. Byly probírány zásady provozního řádu, učili se služební Q-kód. Seznamovali se se spojovací technikou, se schématy. Učili se znát elektronické součástky, opravovat stanice a znát jejich údržbu. Učili se sestavit jednoduchou funkční stanici v polních podmínkách ze stavebnice. Praktická cvičení byla prováděna s operačním materiálem, učili se stavět antény v různém prostředí a používat nouzové antény. Seznamovali se s teorií antén a jejich vyzářovacími charakteristikami, se způsobem využívání vlastností šíření elektromagnetických vln.

Učili se rozeznávat zapojení domovních elektroinstalací, zapojovat elektrické spotřebiče na různé zdroje proudu a napětí. Byli seznámeni s možnostmi využití náhradních zdrojů pro vysílání a přijímání. V teoretické části kursu byly probírány charakteristiky a činnost speciálních přijímačů, jak si počínat, není-li přijímač vybaven pro příjem telegrafie, jak využít rozhla-
sového přijímače k příjmu v pásmu krátkých vln.

Byli seznámeni s funkcí jednotlivých bloků vysílání, jako jsou různé typy oscilátorů, výkonových stupňů, vazeb mezi stupni. Byl probírán účinek laděných obvodů výkonového stupně a an-
tenní vazby pro správnou činnost antény. Praktický provoz nacvičovali vedením korespondence mezi STS a VRÚ. Některé skupiny (CLAY) byly zařazeny časem na práci v anglických továrnách; z místa pobytu vedli radisté cvičnou konspirační korespondenci. Skupina CARBON byla odeslána do severního Skotska, odkud vedla cvičný provoz.

Vybavení skupin spojovacími prostředky

Úkoly, se kterými byly skupiny vysílány do vlasti, postihovaly celou stupnici forem protinacistického odboje, počínaje zabez-
pečením spojení, přes zpravodajskou a organizátorskou čin-

nost, po úkoly bojové, sabotážní a teroristické. Jiné skupiny byly pověřeny dopravou radiotechnického materiálu, pomůcek pro organizaci spojení (šifrové klíče, provozní údaje) nebo předáním vojensko-politických směrnic vedení domácího odboje. Tomu odpovídalo i jejich složení a vybavení. Skupiny vyslané s poslá-
ním rozvíjet zpravodajskou a organizátorskou činnost byly zpravidla tříčlenné ve složení: velitel, šifrant, radiotelegrafista. První dva absolvovali v přípravě v STS základní spojovací výcvik a někteří z nich byli i zručnými radisty. Kupř. velitel skupiny ANTIMONY, npor. Závorka při přezkoušení přijímal i vysílal tempem 60 znaků za minutu. Tyto skupiny byly obvykle vybaveny dvěma soupravami spojovacího materiálu. Nebylo jednoduché vybavit paradesantní skupiny spojovací technikou. Z radiostanic to byly stanice řady A, B a 3, různých typů: III, IV, V, XV. Dalším používaným typem byla stanice AP-5, samostatný přijímač „MARJANKA“, samostatný vysíláč „ŠIMANDL“ a je-
jich různé kombinace (tab. 2 a 3). V některých případech byla výbava doplněna univerzálním měřicím přístrojem AVOMinor (ANTIMONY). Telegrafní klíč byl používán v klasickém provedení. V jednom případě (PERCENTAGE) měl radiotelegrafista s sebou dvoudotekový klíč (patrně vibroploš či jednoduché „pádýlko“).

Elektronické přístroje třicátých a čtyřicátých let byly konstruo-
vány v té době známou klasickou „elektronkovou“ technikou. Co to představovalo:

- použití elektronek vyžadovalo ve většině případů nutnost zabezpečit různá potřebná napětí;
- to si vyžádalo vybavit přístroje dostatečně dimenzovanými zdroji;
- s danou součástkovou základnou vycházely zdroje rozměrné a s velkou hmotností;
- pokud byly použity elektronky, napájené z bateriového zdroje, přinášelo to s sebou opět jiné komplikace; anodové baterie byly objemné, o dost velké hmotnosti a s omezenou dobou životnosti; k měnění zas byl nutný akumulátor, jehož rozměry a hmotnost také nebyly zanedbatelné;
- většina typů elektronek byla v klasickém „skleněném“ provedení bez úprav a opatření pro speciální použití a zvýšené nároky;
- spoje mezi jednotlivými díly a součástkami byly opět provede-
ny klasickou „drátovou“ montáží a pájením; jen velmi pečlivá práce mohla přinést uspokojivý výsledek;
- ovládací prvky - přepínače, potenciometry, ladící kondenzá-

tory apod. musely být voleny uvážlivě a s ohledem na jejich případnou opravitelnost či výměnu;

- u vysílacích zařízeních byly použity krystaly prvkem, který určoval jejich spolehlivost; to jak při jejich přepravě, tak při vlastním provozu;

- bylo důležité, aby zařízení mělo jednoduchou, jednoznačnou obsluhu a minimální množství ovládacích a nastavovacích prvků.

Tento krátký výčet nemůže postihnout všechna úskalí, se kterými se museli konstruktéři zařízení pro výsadkové operace vypořádat. I když se jim to podařilo, nebylo ještě vyhráno. S dalšími potížemi se museli vypořádat ti, kdo zpravidla zabezpečovali přepravu radiostanic - výsadkáři.

Stanice přepravovali v nočních zásobnících. V některých případech v kontejneru se samostatným padákem. Jako ochra-
na proti poškození při nárazu sloužila dřevěná konstrukce a silné pláty z gumy či jiného podobného materiálu. Ani tato opatření však nezabránila poškození a zničení stanic. Ne každý výsadek přistál ve vyhovujícím terénu. Také používaný padák byl podstatně méně bezpečným dopravním prostředkem než jsou padáky používané v současné době. Rychlost přistání při síle větru do 5 m/sec se rovnala síle větru. Proto parašutisté často uvolňovali noční zásobník dříve, než bylo pro bezpečnost přepravovaného materiálu potřeba. Na ty skupiny, které přepravu spojovacího materiálu úspěšně zvládly, čekaly další nástrahy. Část materiálu byla zpravidla ukryta v okolí místa přistání (CLAY přepravovala jednu ze svých stanic v zapáleném obalu - uschovali ji v potoce, kde bez újmy přečkala několik týdnů).

I při největší opatrnosti však další přesuny z místa na místo znamenaly zase jen další ohrožení životnosti stanic. Přesto všechno skupiny, které zahájily provoz, jej i v tvrdých provoz-
ních podmínkách udržovaly. Kupř. stanice CLAY začala vyka-
zovat drobné poruchy až zhruba po deseti měsících intenzivního provozu. Větší závady pomohli většinou odstranit odborníci z domácího odboje (v případě SILVER A; pro ANTIMONY J. Matěcha z Železného Brodu). Provoz stanic většiny skupin byl ukončen buď likvidací skupiny, nebo ukončením války.

Základní údaje o některých zařízeních

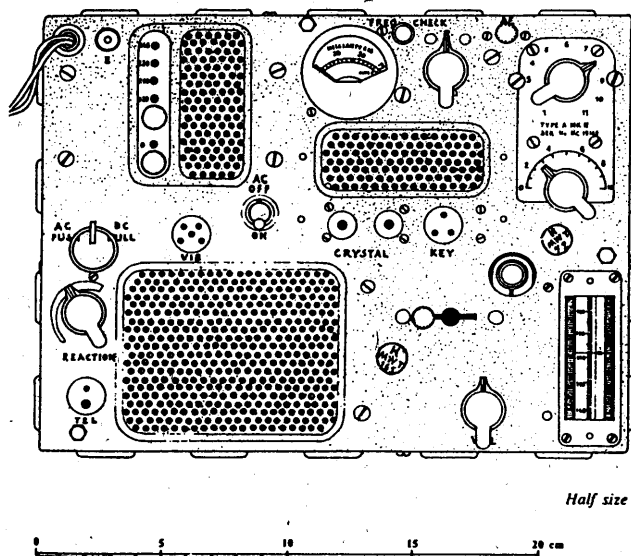
Rádiové stanice pro paradesantní skupiny (a nejen pro ně) zabezpečovala britská SOE (Special Operations Executive).

Tab. 2. Skupiny vysazené se spojovacími prostředky

Skupina	Spojovací prostředky	Výsadek dne	Radista	Pracoval	
				od	do
PERCENTAGE	1 rdst pro ÚVOD	4. 10. 41	svob. Pavelka	doprava materiálu	
SILVER A	2 soupravy (dále spr)	29. 12. 41	svob. Potůček	15. 1. 42	26. 6. 42
SILVER B	1 rdst	29. 12. 41	čet. Škacha	poškozena při výsadek	
ZINC	3 kompl.	28. 3. 42	čet. Gerik	poškozeny, ztraceny	
STEEL	1rdst pro ÚVOD	28. 4. 42	svob. Dvořák	doprava materiálu	
ANTIMONY	3 spr	24. 10. 42	svob. Jasínek	1. 12. 42	16. 1. 43
CALCIUM	2 spr	4. 4. 44	rt. Němčík	21. 5. 44	3. 5. 45
BARIIUM	2 spr	4. 4. 44	čet. Žižka	19. 4. 44	16. 1. 45
SULPHUR	2 spr	9. 4. 44	Jet. Janko	zajat, mat. ztracen	
CHALK	1 spr 1 spr EUREKA	9. 4. 44	rt. Nedělka čet. Künzl	8. 5. 44	13. 5. 44
CLAY	2 kompl.	13. 4. 44	čet. Šíkola	30. 4. 44	31. 3. 45
CARBON	2 kompl.	13. 4. 44	čet. Šperl	21. 1. 45	9. 5. 45
SPELTER	2 kompl.	5. 5. 44	čet. Vavřda rt. Novotný	4. 6. 44 8. 11. 44	potom 9. 5. 45
POTASH	2 komplety	5. 5. 44	rt. Zuvač	zajat	
MANGANESE	2 komplety	10. 6. 44	čet. Vaňura rt. Bíroš	29. 8. 44	28. 10. 44
GLUCINIUM	2 spr	4. 7. 44	rt. Trpík	zničena při výs.	
WOLFRAM	1 spr, 1 EUREKA	14. 9. 44	rt. Svoboda	zajat	
EMBASSY	2 komplety	21. 12. 44	rt. Mladý čet. Grajzel	zničena při výs.	
PLATINUM-PEWTER	2 spr	27. 2. 45	rt. Pešán čet. Klemes	březen 45	9. 5. 45
BAUXITE	1 spr, 1 EUREKA	23. 3. 45	kpt. Hromek	duben 45	9. 5. 45
DESTROYER	1 rdst	3. 7. 44	ppor. Tichý čet. Menšík	18. 7. 44	3. 1. 45 (Francie)
COURRIER - 5	2 rdst	6. 9. 44	des. Chramec	?	26. 9. 44

) vysíláč ŠIMANDL a přijímač MK; 1 spr MK

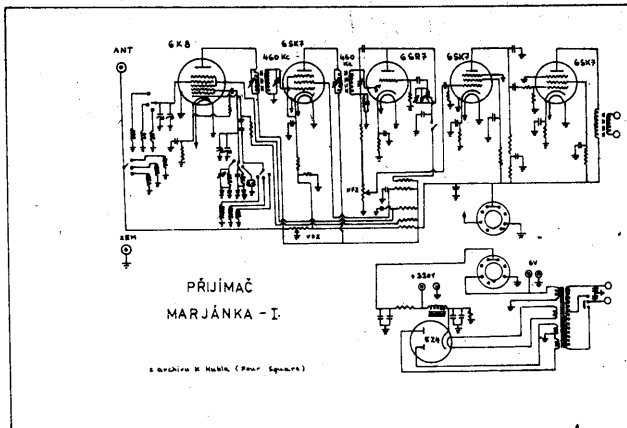
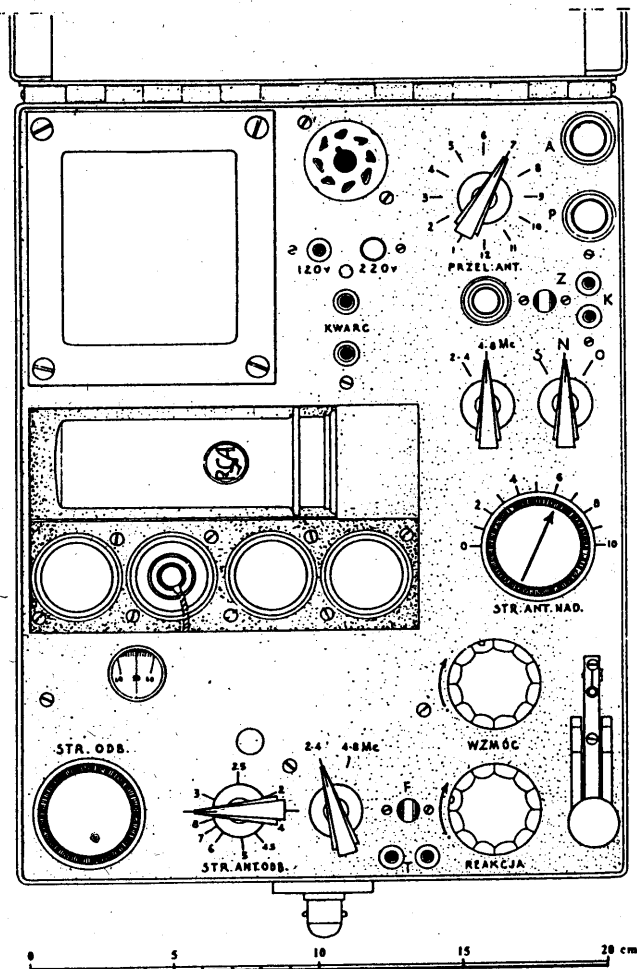
) ztraceny; náhradní stanice postavili domácí odboj



Obr. 5. Přední panel vysílání A Mk III

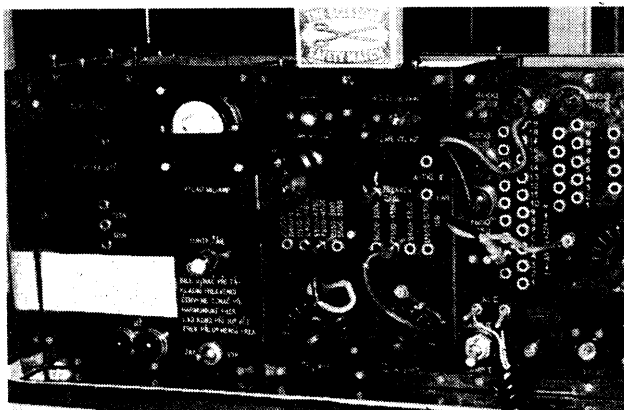
Tab. 3. Skupiny, které uskutečnily operační let, ale nebyly vysazené

Skupina	Spojovací prostředky	Let dne	Radista	Příčina
IRIDIUM	3 spr	15. 3. 43	čet. Kobyka	sestřeleni
BRONZE	3 spr	15. 3. 43	čet. Kubec	sestřeleni
SILICA	?	11. 9. 44	čet. Nocar	havarovali
CHROMIUM	2 kompl.	duben 45	ppor. Štursa	nenalezena plocha
MORTAR	3 kompl.	4. 5. 45	rt. Sekerka	nenalezena plocha
FOUR SQUARE	1 AP-5 1 kompl. ŠIMANDL	duben 45	des. Hubl	nenalezena plocha
CHURCHMANN	2 spr.		svob. Hladík	zrušena 7. 5. 45
ROTHMANN	2 spr		svob. Stolařík	zrušena



Obr. 6. Přední panel radiostanice AP-4

Obr. 7. Schéma zapojení přijímače „Marjánka“



Obr. 9. Přední panel vysílače „Šimandl“

Byly to především anglické výrobky. Nezanedbatelné množství stanic dodala továrna, založená polskými uprchlíky v r. 1941. Tyto stanice nesly označení A1, A2, BP-3, AP-4, AP5.

A Mk III (obr. 5)

Patřila k nejpoužívanějším stanicím a je i dnes zajímavá svým řemeslným provedením a vzhledem. Vysílač řízen krystaly, přijímač plynule laditelný.

Rozsah: 3 až 9 MHz rozdělen do dvou podrozsahů (3,2 až 5,2 a 5 až 9 MHz).

Vysílač: osazen americkými elektronkami 7H7 a 7C5. První byla zapojena jako krystalem řízený oscilátor a nf zesilovač přijímače, druhá jako koncový stupeň s výkonem 5 W.

Přijímač: zpětnovazební superhet osazený jednou elektronikou 7Q7 a dvěma elektronikami 7H7. Udáváná citlivost lepší než 10 μ V na zátěži 600 Ω , selektivita 2 kHz/6 dB a 20 kHz/60 dB. Síťový zdroj byl konstruován pro 100 až 250 V_{stř.}, odběr ze zdroje při příjmu 4,7 A a při vysílání (zaklívání) 6,5 A. Stanice měla rozměry 215 \times 190 \times 82 mm a hmotnost 2,5 kg. Pro přepravu soupravy sloužily dva kontejnery. V prvním byla uložena stanice s provozními údaji, v druhém příslušenství a samostatný napájecí zdroj 6 V_{stř.} s vibračním měničem.

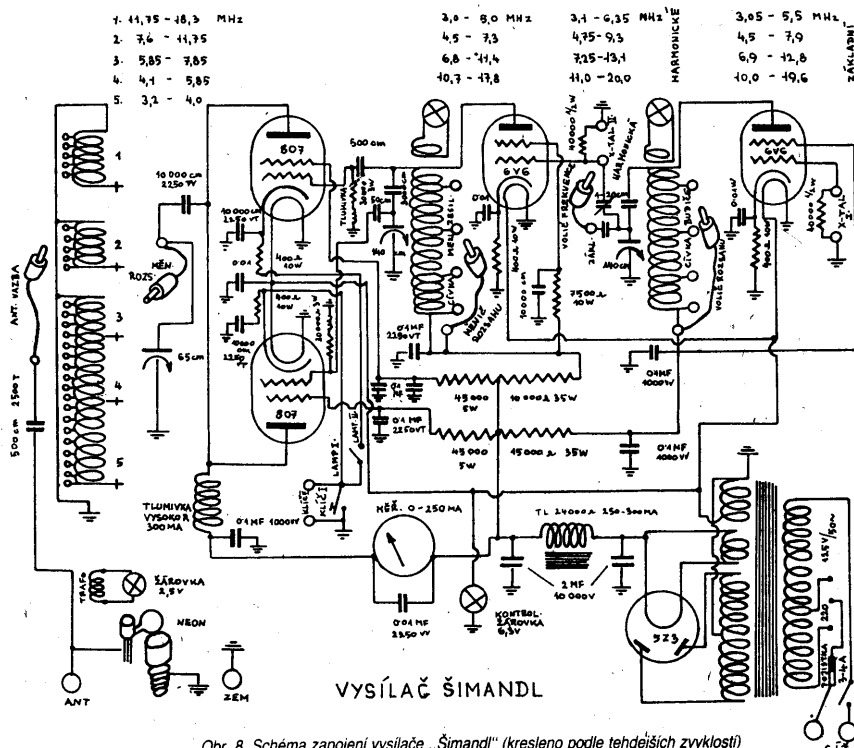
Radiostanice AP-4 a AP-5 (obr. 6)

Vynikaly kvalitou i provedením. Samostatně laditelný přijímač a vysílač byly umístěny ve společné kovové skříni vhodné k přenášení. Základní rozsah stanice AP-4 od 2 do 8 MHz byl rozdělen do dvou podrozsahů. Stanice AP-5 mohla pracovat i na 1. harmonických kmitočtech základního rozsahu. Vysílač byl osazen elektronikou 6L6, zapojenou jako krystalem řízený oscilátor a výkonový stupeň. Přijímač byl zpětnovazební SH osazený elektronikami 6K8, 6SJ7 a 6SC7. Vestavěný zdroj byl společný pro přijímač i vysílač a umožňoval napájet stanici ze sítě 220 V_{stř.} Usměrnovací elektronka 5Z4. Rozměry stanice AP-4: 280 \times 216 \times 101 mm a váha 4 kg.

Samostatný přijímač MARJÁNKA I

(obr. 7)

Býl to plynule laditelný SH s řízením v_f zesílení a m_f 460 kHz. Pracovní kmitočty bylo možné nastavit ve třech podrozsazích. Napájen byl ze samostatného síťového zdroje a osazen elek-



Obr. 8. Schéma zapojení vysílače „Šimandl“ (kresleno podle tehdejších zvyklostí)

tronkami 6K8, 6SK7 (3 \times), 6SR7. Konstruktorem byl technik VRÚ rtm. Antonín Šimandl. Patrně šlo o pokusný přístroj, kterým byla vybavena skupina FOUR SQUARE.

Samostatný vysílač „ŠIMANDL“ (obr. 8, 9)

Konstruktor: rtm. Antonín Šimandl (1901 - 20. 10. 1986). Po okupaci Československa odešel do zahraničí a v roce 1940 byl

zařazen jako technik na Vojenské rádiové ústředně. Zde se věnoval údržbě používaných zařízení a vylepšování jejich technických parametrů (kupř. vyřešil současné klíčování více vysílačů z jednoho operátorského pracoviště). Podílel se na technické přípravě radiotelegrafistů paraskupin.

Rádiová stanice ŠIMANDL byl krátkovlnný přenosný vysílač. Vzhledem k napájení ze světlovodné el. sítě byl určen ke stacionárnímu provozu. Umožňoval provoz (vysílání) nemodulovanou telegrafii v kmitočtovém rozsahu 3 až 20 MHz.

Zapojení:

1. Oscilátor řízený krystalem, umožňující pracovat buď:

a) na základním kmitočtu krystalu A nebo B;

b) na harmonickém kmitočtu krystalu A nebo B;

2. v zesilovací (násobní) stupeň s elektronkou 6L6;

3. koncový stupeň osazený dvěma elektronkami 807 (nebo ekvivalentem QE06/50 N) s možností volby práce jen s jednou nebo oběma elektronkami.

Výkon: Podle katalogových údajů zapojených elektroněk buď 80 W v případě, že byly zapojeny obě elektronky; nebo 40 W s jednou elektronkou.

Zdroj: Stanice byla napájena síťovým zdrojem 220 V_{eff}, vestavným do společné skříně.

Osazení elektronkami a jejich základní údaje:

1 ks 5Z3: usměrňovací elektronka;

2 ks 6L6: oscilátor a vř. zesilovač-násobič;

2 ks 807: výkonový koncový vř. stupeň.

Rozměry: 500 x 220 x 120 mm (přibližně).

Mechanická konstrukce odpovídala předpokládanému použití; poměrně robustní, zpevněná přepážkami se snahou o co největší odlehčení. Všechny ovládací prvky včetně krystalů, indikačních žárovek a měřicího přístroje byly umístěny na předním panelu. Volbu rozsahu, práce na základním, či harmonickém kmitočtu, stejně tak nastavení anodového obvodu koncového stupně, či anténní vazby uskutečňovala obsluha přesunutím banánků do odpovídajících zdílek. Krystaly se zasouvaly též do zdílek, umístěných na panelu zvenci. Předpokládala se možnost použití různých náhražkových drátových antén.

Konstruktor přispěl k překlenutí nedostatku rádiových stanic pro paraskupiny. Technické a obvodové řešení vysíláče odpovídalo znalostem té doby. Předpokládané využití i způsob přepravy si vyžádaly velmi pečlivé provedení. Vzhledem ke skutečnosti, že se jednalo o klasické elektronkové zapojení, vyžadovalo to i řemeslný způsob práce (pájení, uchycení jednotlivých prvků, rozmístění a upevnění dílů). Konstruktor se vtipným a jednoduchým způsobem vypořádal i s případným nebezpečím poruch ovládacích prvků (přepínačů apod.) použitím přesouvateľných banánků, což zcela jistě přispělo i k jednoduchosti obsluhy. Neméně úspěšně vyřešil konstruktor Ant. Šimandl i způsob práce na harmonických kmitočtech. To bylo významné zejména z pohledu provozního využití stanice. Předpokládaný způsob práce, pro níž byla stanice určena, nemožnost vyloučit používání různých náhražkových antén, především jednodrátových – to vše způsobilo konstruktérovi jisté nemalé problémy při návrhu koncového stupně vysíláče. Zvolil proto zřejmou koncepci s paralelním rezonačním okruhem v anodách elektroněk koncového stupně a vazebním kondenzátorem do antény. Tímto způsobem koncipovaný výkonový stupeň vysíláče se ve třicátých letech používal takřka běžně. Uvedená koncepce s sebou však nesla značné nebezpečí. Přes rezonační okruh a vazební kondenzátor pronikají na zářič i vyšší harmonické základního kmitočtu; vazební kondenzátor způsobí, že anténa vyzáří současně všechny harmonické. Může dojít k situaci, že:

- signál harmonické je na přijímací straně zaznamenan s větší intenzitou (v závislosti na použité vysílací anténě a její délce), což může zmylit obsluhu, která pak odpovídá na tomto kmitočtu;
- spektrum harmonických kmitočtů způsobí nežádoucí rušení kupř. v rozhlasovém pásmu, případně šířením po elektrovodné síti vytvoří jiné „efekty“; takové jevy zaznamenal čet. asp. Škola (CLAY).

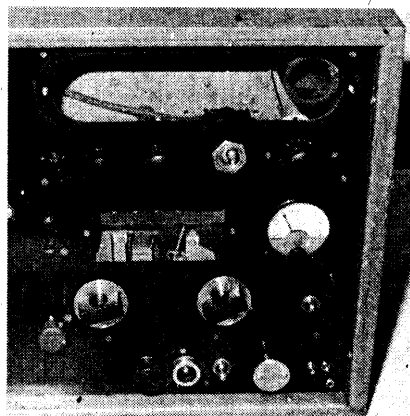
Antonín Šimandl učinil při konstruování koncového stupně vysíláče opatření, která měla tyto vlivy co nejvíce eliminovat.

Cívky anodového okruhu koncového stupně rozdělil do pěti sekcí podle pracovních pásem. Zapojené cívky měnila obsluha přesunutím banánku. Každá sekce měla vyvedenu řadu odboček zakončenou označenými zdílkami na předním panelu. Přemístěním přívodu od vazebního kondenzátoru při současně kontrole svitu žárovky, zařazené v anténním přívodu, mohla obsluha optimálně přizpůsobit napájení antény.

Pro malý počet dokumentovaného skutečného použití vysíláčů tohoto typu nelze jednoznačně posoudit jeho dlouhodobou provozuschopnost. Ze byly dostatečně odolné vůči předpokládaným vlivům, jako je způsob přepravy padákem, přemísťování na různá místa, kdy nebylo možné dodržovat zásady šetrného zacházení, je však nesporné. Použité elektronky, měřicí přístroj, krystaly a ostatní součástky byly ve standardním provedení, bez zvláštních opatření vůči otřesům, vlhku apod. Slouží jistě ke cti výrobcům těchto dílů, že jejich výrobky docela úspěšně odolávaly v mnohem těžších podmínkách, než pro které byly konstruovány a vyráběny. Plným právem je třeba vzdát hold a uctít práci konstruktéra Antonína Šimandla. Zápal pro věc, tvořivá a pohnutá práce technika Vojenské rádiové ústředny, to byly jeho zbraně, kterými nenápadně, zato však významně přispěl k porážce fašismu.

Rádiová stanice skupiny SILVER A „LIBUŠE“ (obr. 10)

Žádné z dalších paraskupin londýnského MNO se v uplynulých letech nedostalo takové publicity, jako skupině SILVER A. Hodnověrné údaje o jejím technickém vybavení chybí, řada autorů tento nedostatek nahradila fabulací a tak skutečnost spíš zamlžili, než přispěli k jejímu objasnění. Fotografie stanice této skupiny, uvedená v [6] a [9], nemohou obstát před pohledem ani technika, ani radioamatéra. Jejich popisy jsou navíc chybné.



Obr. 10. Údajná stanice „Libuše“

Matoucí, místy až nesmyslný je text v [4]. (Např. přístroj SX-24 je komunikačním přijímačem a vydávat jej za „vysíláčku“ prostě nelze). Miroslav Ivanov doplnil citované dílo další fotografií s popisem „Vysílací stanice Libuše, která se zapasla do dějin čs. odboje“. Přístroj „Libuše“ je v současné době v depozitáři Národního technického muzea pod označením „Anglická vysíláčka a přijímačka Libuše“. O její pravosti existují pochybnosti, které bych chtěl podpořit zjištěními skutečností. Z popisu ovládacích prvků v angličtině a snad i ze skutečnosti, že použité součástky jsou původem z USA či V. Británie, byl patrně učiněn závěr o „anglické vysíláče“. Zařízení je konstruováno amatérsky, použité součástky (ovládací prvky, elektronky, drobné pasivní prvky) pocházejí většinou z USA a V. Británie. Byly u nás prodávány a běžně používaly radioamatéři vysíláči ve třicátých letech.

Je to krátkovlnný přijímač-vysíláč, každý samostatně laditelný. Podle popisu na předním panelu určeny pro radioamatérské pásmo 80 až 40 metrů. Měl možnost výměny krystalů a cívek výkonového stupně vysíláče a vstupních cívek přijímače. Přijímač i vysíláč mají každý vlastní napájecí zdroj a každý z nich může být provozován samostatně. Koncepce vysíláče odpovídá zapojení, které radioamatéři ve třicátých letech používali (dvoustupňový vysíláč řízený krystalem a osazený elektronkami 6L6 nebo 6V6 a elektronkou 807). Některé ze zapojení je pro radioamatéry charakteristické. Kupř. kombinace pásem 80 a 40 metrů, nebo použití výměnných cívek pro tato pásma. Označování ovládacích prvků a dílů anglickými popisy radioamatérů běžně u svých výrobků používali a používají. Domnívám se, že se jedná o zařízení, které bylo zabaveno gestapem některému z radioamatérů-vysíláčů. Tomu by, kromě jiného, nasvědčovalo rozložení i řemeslné provedení dílu stanice, použití jednotlivých ovládacích prvků (knoflíky, přepínače, zdíčky) a amatérsky použitých elektroněk. Jsou však skutečnosti, které tento závěr do jisté míry zpochybňují. Radioamatéři většinou stavěli svá zařízení jako samostatné celky, zpravidla oddělené. Na tehdejší dobu stésnaná montáž svědčí o snaze vestavět zařízení do co nejmenšího prostoru. Také rozměry přístroje 500 x 320 mm, ale hlavně hloubka 160 mm jsou „podezřelé“ a mohly byt voleny s cílem snadného a nenápadného přenášení např. v kufříku. SILVER A žádala v jedné ze svých depeší zaslání krystalů pro rozsah 40 metrů a jiné; kmitočty tohoto pásma byly pro spojení mezi domácím odbojem a Vojenskou rádiovou ústřednou používány. Ani tyto vývoody však nejsou jednoznačné. Mohou svědčit pro domněnku, že jde o zařízení, zhotovené pro některou ze skupin domácího odboje. Zcela jisté jde o výrobek zkušeného technika. Musel mít přístup k odborné literatuře a možnost opatřit potřebné elektronické součástky. V žádném případě nemohlo být toto zařízení „vysíláčkou LIBUŠE“, tedy stanicí, která byla přepravována do vlasti skupinou SILVER A. Paradesantní skupiny byly vybavovány profesionálně vyráběnými stanicemi. Výjimkou je pouze vysíláč „ŠIMANDL“ a přijímač „MARJANKA“. Záměna těchto přístrojů s „vysíláčkou LIBUŠE“ nepřichází vůbec v úvahu. Naskytá se ještě otázka, zda nejde o stanicí, kterou pro SILVER A postavila z popudu velitele skupiny npor. A. Bartoše odbojová sokolská organizace „S21B“ ze Svatoňovicka. O existenci této radiostanice se zmiňuje několik autorů. J. Metelka v [9] však uvádí, že tuto stanicí zničil jeden ze členů skupiny S21B před svým zatčením gestapem. Nacisté pak objevili už jenom její zbytky. Z toho, co bylo řečeno, je možno vyvodit, že:

- stanice vedená v Národním technickém muzeu pod heslem: „Anglická přijímačka a vysíláčka „LIBUŠE“ není stanicí, která byla vysazena spolu se skupinou SILVER A;
- není ani stanicí, která byla pro SILVER A zhotovena domácím odbojem (skupinou S21B);
- jde o radiostanicí, která byla s největší pravděpodobností:
 - buď zabavena radioamatérovi – vysíláči po 15. březnu 1939 či během let okupace;
 - nebo postavena pro některou jinou odbojovou organizaci nebo skupinu;
 - nelze ani vyloučit, že jde o rekonstrukci s použitím části původních přístrojů.

Tab. 4. TRANSPOZIČNÍ TABULKA

	B	S	I	H	Y	Q	M	G	U	F	A	C	O	P	L	X	D	V	W	Z	N	E	K	T
E	3	9	6	4	1	5	2	8	0	7	2	7	5	3	4	8	1	0	6	9	3	8	4	1
V	7	5	2	9	0	6	6	2	1	8	9	3	7	4	5	0	3	6	7	8	1	9	0	4
D	2	5	4	2	5	3	1	9	6	4	8	5	6	7	3	4	8	0	2	7	9	1	9	2
P	0	1	7	4	8	4	3	5	0	6	9	7	2	5	1	8	3	6	9	2	6	7	5	8
L	3	0	4	1	6	8	0	4	1	9	5	3	7	2	5	0	1	4	3	9	8	6	7	2
J	6	8	0	5	4	9	7	3	2	1	3	1	8	6	7	9	2	5	4	0	4	2	8	9
X	7	3	5	6	0	1	4	0	3	5	1	8	9	7	6	2	6	8	5	4	2	3	0	7
W	9	1	8	9	2	5	0	3	7	4	6	1	8	0	9	7	5	1	2	3	6	4	2	4
T	3	6	0	7	5	9	8	1	8	7	5	9	4	2	0	1	6	3	8	7	9	5	4	6
N	4	2	3	1	7	0	5	2	4	8	3	6	9	1	8	5	0	8	3	6	7	2	6	1
R	4	7	5	0	3	2	9	7	3	2	4	0	1	8	6	9	4	2	1	5	0	3	9	7
Z	8	6	1	3	8	7	2	6	9	5	0	4	3	9	2	6	7	4	0	1	5	8	1	3
K	5	4	9	8	6	2	7	0	5	3	7	2	0	1	4	3	9	7	6	8	4	0	3	5

Obr. 11. Autentický záznam způsobu tvorby volacích znaků

MĚŘICÍ TECHNIKA

Měření střídavých veličin univerzálními multimetry

Ing. Leoš Koupý

Měřit střídavé elektrické veličiny je v profesionální i amatérské praxi nezbytné. Svědčí o tom ostatně i fakt, že není snad jediného průmyslově vyráběného univerzálního měřidla základních elektrických veličin, které by postrádalo možnost měřit střídavé napětí nebo proud. V praxi je však často opomíjena otázka správnosti změřeného údaje a s tím související chyby měření, která při měření zkreslených (nesinusových) signálů zdaleka nemusí odpovídat třídě přesnosti měřícího přístroje.

Úvod

V elektrických obvodech se velice často vyskytují rušivé vlivy, které deformují časové průběhy napětí a proudu. Jako příklad si můžeme uvést třeba rušení od polovodičových spínacích součástek. Rychlá změna impedance při přechodu polovodiče z vodivého do nevodivého stavu a naopak způsobuje, že v důsledku přerozdělení energie, akumulovaných v reaktancích celého obvodu, vznikají přechodová napětí a proudy, jejichž kmitočtová spektra sahají až do oblasti MHz. Také různé druhy zatížení sítě způsobují, že ani síťové napětí nemá ideální sinusový tvar a vyskytují se v něm rušení, která se mohou přenášet i do zařízení, se s ní spojených.

Pokud se v elektrických obvodech vyskytují takové rušivé vlivy ve větší míře, zcela zkresluje výsledky měření. Z kmitočtové charakteristiky měřících přístrojů lze stanovit, do jakého kmitočtu zůstává jejich údaj v rámci třídy a do jakého kmitočtu lze měřit s definovanou přídatnou chybou. Tyto parametry však platí pouze pro periodický průběh signálu, v naprosté většině případů pro signál sinusový. Je-li časový průběh signálu zkreslen vyššími harmonickými kmitočty, mohou být výsledky měření velice odlišné od skutečnosti podle toho, jakým přístrojem signál měříme. Zkreslené periodické průběhy napětí a proudu měří správně (i když s jistými omezeními) pouze přístroje, měřící skutečnou efektivní hodnotu měřené veličiny.

Charakteristika periodického signálu

Zopakujme si, co je to střední a efektivní hodnota signálu a jak lze charakterizovat časový průběh periodického signálu. Střední hodnota X_s obecné funkce času $X(t)$ je v intervalu pozorování $T = (t_2 - t_1)$ definována takto:

$$X_s = \frac{1}{T} \int_0^T x(t) dt.$$

Geometricky znamená plochu, uzavřenou křivkou $X(t)$ a osou t (lze ji nahradit obdélníkem o stranách X_s a T). Lze matematicky dokázat, že vyšší harmonické střední hodnotu měřeného signálu buď zvětšují, nebo zmenšují. Naproti tomu efektivní hodnota v podstatě vyjadřuje energetický obsah signálu. Znamená to, že celková efektivní hodnota zkresleného signálu se rovná součtu efektivních hodnot nezkresleného signálu a jednotlivých harmonických. Podle fyzikální definice se efektivní hodnota střídavého napětí nebo proudu rovná stejnosměrnému napětí nebo proudu, které po připojení na odporovou zátěž vyvinou za určitý čas v této zátěži stejné teplo. Matematicky je efektivní hodnota signálu definována vztahem

$$X = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T x^2(t) dt}.$$

Efektivní hodnota periodického signálu s konečným počtem harmonických je

$$X(N) = \sqrt{\sum_{k=0}^N x_k^2}$$

kde x_k je efektivní hodnota napětí nebo proudu k -té harmonické složky.

V souvislosti s popisováním periodického signálu je třeba se zmínit ještě o činitelích, definujících některé vlastnosti periodických průběhů. Různé typy převodníků periodického signálu na stejnosměrný, které jsou používány v měřících přístrojích, jsou totiž schopny správně zpracovat signál pouze v omezeném pásmu hodnot některých

z těchto činitelů. Máme-li například periodický průběh napětí, je charakterizován těmito činiteli:

$$\begin{aligned} \text{činitel tvaru } k_1 &= U/U_s, \\ \text{činitel výkyvu } k_v &= U_m/U, \\ \text{činitel plnění } k_p &= U_s/U_m. \end{aligned}$$

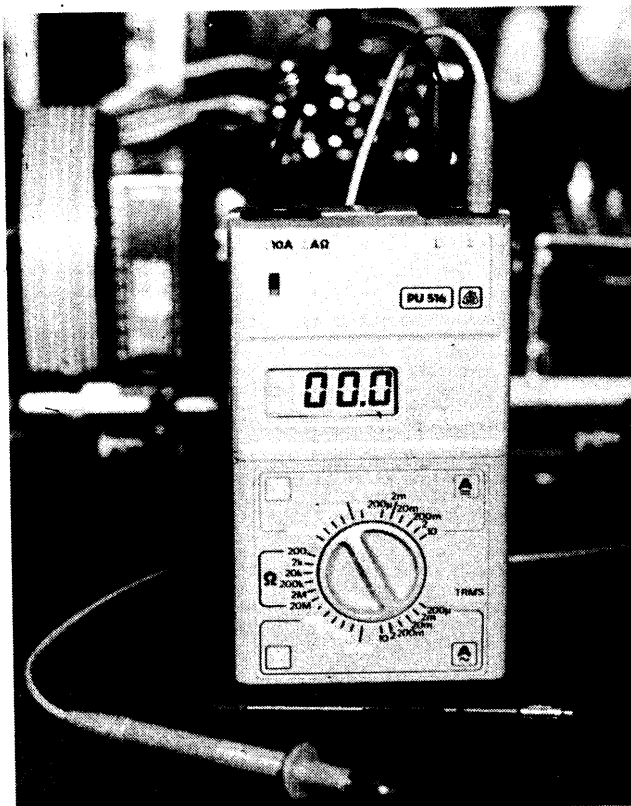
kde U je efektivní hodnota napětí, U_s střední hodnota napětí, U_m maximální hodnota napětí.

Pro sinusový průběh platí $k_1 = 1,1107$, $k_v = 1,414$, $k_p = 0,6366$. Mimoto charakterizují periodický signál ještě další činitele, ovšem s těmi se již při běžných měřeních nesetkáme.

Z uvedených činitelů je v praxi zvláště významný činitel výkyvu, v zahraniční literatuře označovaný jako „crestfaktor (CF)“. Je-li tento činitel signálu velký, znamená to, že signál obsahuje „vysoké“ úzké impulsy, které již měřící přístroj špatně zpracovává. Udaná třída přesnosti přístrojů, měřících efektivní hodnotu, platí obvykle jen pro sinusový signál. Pro tvarově odlišný signál s jinou hodnotou k_v platí již přídatná chyba. V návodech těchto přístrojů se můžeme setkat i s grafickým vyjádřením průběhu přídatné chyby od určité hodnoty k_v v závislosti na úrovni měřeného signálu nebo na jeho kmitočtu.

Vliv zkreslení signálu na měření

Mluvíme-li o střídavém napětí určité hodnoty, máme zpravidla na mysli jeho efektivní hodnotu (např. napětí 220 V, 380 V apod.). Z hlediska měření této hodnoty je důležité rozlišovat harmonické (tj. nezkreslené) napětí (nebo proudu) od neharmonického průběhu.



Jevy nepříznivé ovlivňující organizaci a udržování rádiového spojení

Mimo zcela zjevného a konkrétního nepřítele, jak dnes víme, se objevil další. V té době takřka neznámý a nepoznaný. Měl zcela nepochybný vliv na stálost rádiového spojení. Protože to byl vliv nezanedbatelný, zmíním se i o něm.

Kolem roku 1938 byla zjištěna určitá závislost mezi hodnotami kritických kmitočtů (pro danou trasu maximálně použitelného kmitočtu) s úrovní sluneční činnosti. Praxe a pozdější rozsáhlé výzkumy dokázaly, že podmínky šíření dekametrových vln jsou lepší v letech okolo maxima sluneční činnosti a horší v době okolo minima této činnosti. V šedesátých letech byly vzájemné vztahy, ovlivňující šíření rádiových vln, matematicky odvozeny na základě rozsáhlých celosvětových výzkumů a pozorování Slunce, konaných od roku 1749. Jsou vyjádřeny ionosférickým indexem F_{2E} . Tento index umožňuje zkonstruovat předpověď šíření dekametrových vln i zpětně. Z tabulky ionosférického indexu F_{2E} za roky 1939 až 1945 vidíme, že to byly roky přechodu sluneční činnosti z maxima v roce 1937 k minimu v roce 1944 a návratu do maxima, které bylo v roce 1947. Pro porovnání jsou vyznačena období udržování pravidelného spojení stanic SPARTA I, SPARTA II a paradesantních skupin (obr. 13). Můžeme se tak přesvědčit, že radiotelegrafisté byli nuceni se kromě dalšího potýkat i s vlivy, do kterých nemohli vůbec zasahovat. Bylo velice obtížné, ba přímo neuskutečnitelné zřídit antény zavěšené v potřebné výšce a využít tak dostatečné vlastnosti jejich vyzářovacích úhlů, či směrůvých diagramů. Vůbec nepřipadalo v úvahu zřízení směrůvých antén nebo anténních systémů. Proto nejpoužívanější anténou byla anténa drátová, mnohdy zavěšená jen docela nízko nad zemí. Trvalé spojení se dařilo udržovat zřejmě díky systému dipólůvých antén, který byl zřízen na VRÚ a pak – a to hlavně – díky nesmírnému úsilí radiotelegrafistů paradesantních skupin, pečlivě a nanevšest zodpovědně činnosti radiotelegrafistů vojenské rádiové ústředny. Takto je možné ocenit i práci radiistů VRÚ ppor. Václava Modráka, který sestavil přehled obsazených a zaručených kmitočtů v pásmu krátkých vln od 3 do 30 MHz. Ten si později vyžádala i britská admirálita. Dlouholeté zkušenosti a poznatky radiotelegrafistů zřejmě pomohly překlenout nepříznivé vlivy zhoršených podmínek šíření rádiových vln. Dalším využitím zmíněné práce byl patrně i výběr vhodných krystalů a určení pracovních kmitočtů hlavních, záložních, a kmitočtů pro denní nebo noční provoz.

... emigrace bez spojení s domovem
je ztracená ...

říkával prý prezident Edvard Beneš.

Radiotelegrafisté z paradesantních skupin se významnou měrou zasloužili o dodání množství informací, které poskytl zahraničnímu vedení odboje dostatečný přehled o dění doma. Stejně, jako ostatní vojáci západních jednotek, radiotelegrafisté Zvláštní skupiny D celým svým konáním zůstali věrni mladistvému zápalu, demokratickým ideálům a předsvezením, se kterými opouštěli nacisty okupovanou republiku, a svou činností se významně podíleli na porážce fašismu.

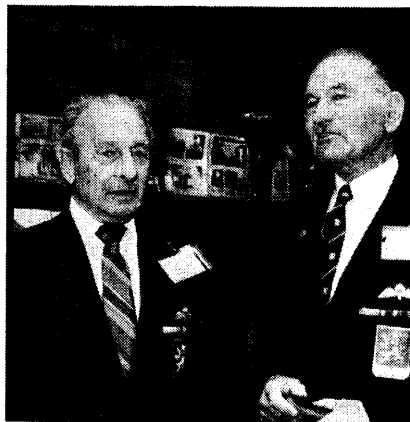
Dne 28. října 1947 byla na kostele Cyrila a Metoděje v Resslově ulici v Praze odhalena pamětní deska parašutistům, padlým v kryptě kostela 18. června 1942. Ti, kteří přežili útrapy války, jim přišli vzdát hold a vyjádřit svoji úctu. Netušili, že se takto oficiálně setkávají naposled, na víc než čtyři desetiletí. Místy jejich budoucích setkání se měly stát především vyšetřovací cely, vězení a tábory nucených prací. Ti z nich, k nimž byl osud milosrdnější, se ve výroční den scházeli před kostelem Cyrila a Metoděje i nadále. Bez slavnostních projevů, bez vyznamenání, která jim komunistický režim odejmul, chvíli tichého rozjímání a položením kytic vzpomněli na své padlé kamarády.

Vysokého morálního zadostiučinění se mužům Zvláštní skupiny D dostalo 4. října 1990. Tento den byli přijati na pražském Hradě Václavem Havlem. Prezidentova slova: „... nebylo mojí vinou, že za vše, co jste vykonal pro svou vlast, vám totalitní režim připravil po únoru 1948 tak krutý osud. Ale jako hlava státu považuji za svou povinnost vyslovit vám své hluboké politování i omluvu za všechna příkoří, jichž se vám dostalo.“

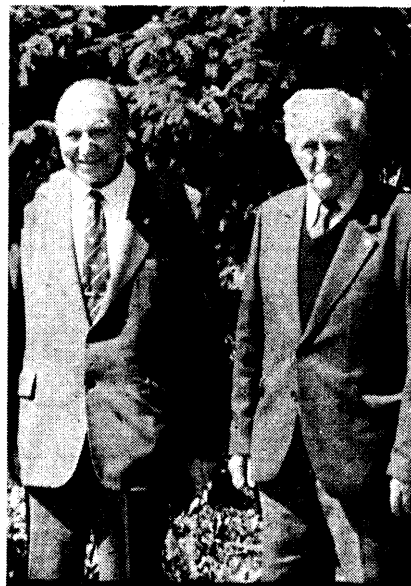
8. května 1991 předal prezident republiky prvních padesát řádů M. R. Štefánika. Mezi vyznamenanými byli i dva muži paradesantních skupin, generálové v.v. Rudolf Kráz a Rudolf Pernický.

V neděli 16. června prošli pod historickými prapory Václavským náměstím a u pomníku sv. Václava položili věnce bývalí vojáci Samostatné obrněné brigády a dalších jednotek ze západu.

18. června 1991 se opět konal oficiální pietní akt u kostela Cyrila a Metoděje v Resslově ulici.



Obr. 15. Radiotelegrafisté skupiny PLATINUM – PEWTER A. Vyhňák (vlevo) a J. Klemes. Při výsadku se jim poškodily obě stanice; z jejich troskek sestavil A. Vyhňák jednu provozuschopnou. Navázal spojení s VRÚ a vykorespondoval shoz náhradní stanice



Obr. 14. Plk. R. C. Hockey, GM4AVR, pilot letounu, ze kterého byli vysazeni parašutisté skupiny SILVER A, SILVER B a ANTROPOID (vlevo), a V. Modrák, za války radiotelegrafista VRÚ

Literatura a prameny:

1. Amort, Čestmír: Heydrichiáda-dokumenty. NV 1965.
2. Čvančara, Jaroslav: Akce Atentát. Magnet-Press, Praha 1991.
3. Ferek, František: Stopy mizí v archivu. Vyšehrad 1967.
4. Hamšík – Pražák: Bomba pro Heydricha. MF 1966.
5. Gebhart – Kůtek – Kuklík: Na frontách tajné války. Panorama 1989.
6. Ivanov, Miroslav: Atentát na R. Heydricha. Panorama 1979.
7. Kunc, Radomír: CLAY-EVA volá Londýn. Sokol Publ. Inc., NJ-USA.
8. Kettner – Jedlička: Tři kontra gestapo, 1968.
9. Metelka, Jaroslav: Krvavý protektor. SPB. Náchod 1967.
10. Šíkola, Čestmír: Radista skupiny CLAY-EVA vzpomíná. Kroměž 1991.
11. Šolc, Jiří: Bylo málo mužů. Merkur, Praha 1990.
12. Tichý, Antonín: Nás živě nedostanou. ScN, Liberec 1969.
13. Joachim, Miroslav: Pokroky v oboru dlouhodobých předpovědí šíření dekametrových vln. Academia 1978.
14. Modrák, Václav: Radiospojení mezi domovem a zahraničím za II. světové války. Archiv NM Praha.
15. Odboj a revoluce – Zprávy 5/67 a 1/70.
16. Státní ústřední archiv, fond CH 37.

Za spolupráci a pomoc děkuji Libuši, OK1HQ, Karlovi, OK1ADW, Josefovi, OK1ALZ, Pavlovi, OK1DRQ, a Vratovi, OK1UHC.

Fotografie a schémata z archivu: Jaroslava Čvančary, Karla Hubla, Tomáše Jambora, Václava Modráka.



Obr. 16. Pplk. v.v. Ing. Č. Šíkola (vlevo), radiotelegrafista skupiny CLAY: svou stanicí Eva udržoval spojení s VRÚ od 30. 4. 1944 do 31. 3. 1945. Vpravo autor článku V. Hanák, OK1HR



Obr. 17. Dne 18. 6. 1991 v Resslově ulici v Praze. Členové některých z výsadků, zleva: A. Vyhňák (PLATINUM – PEWTER), K. Hubl (FOUR SQUARE), J. Sekerka (MORTAR), L. Vyskočil (CHURCHMAN), V. Modrák (MORTAR), V. Ruml (ROTHMANN) a J. Špinko (FOUR SQUARE)



OM5MCP

Stanice OM5MCP

V roce 1992 bude radioklub Jaroměř (OK1KBS) používat příležitostnou volací značku se speciálním prefixem OM5MCP (Memory of Czechoslovak Para-groups) v radioamatérských pásmech KV i VKV. Na KV pásmech bude příležitostně vysílat s originálním vysílačem „Šimandl“. QSL-agendu pro stanici OM5MCP vyřizuje V. Hanák, OK1HR, Sv. Čecha 586, 551 01 Jaroměř.

QRB	telegrafní či... mediální - přehled a spoj.
QRW	máte přiložený krystal - přehled
QRY	kontrolujte a spolejte sít QRS signál.
QSG	Ide je dobře.
QSY	Nevolejte dlouho
QSP	Vysílajte - já vysílám medaile na slovo
QSQ	Vysílajte každou skupinu jen jednou
QSS	dvakrát
QSR	Převzímte rasc Qk a ihned uzavřete stanici
QTF	Vše klic potřebuje seřadit - vyčistit
QTG	Odpovězte ihned na telegram či...
QTH	Vše vysílání je slyšitelné, ale nečitelné

Obr. 12. Kopie provozního deníku V. Modráka na VRÚ s šifrováním Q-kódů

Udržování rádiového provozu mezi skupinami a VRÚ

Značná tíha zodpovědnosti za udržování spojení ležela na bedrech všech radiotelegrafistů Vojenské rádiové ústředny. Poznat toho „svého“, pokud možno co nejrychleji navázat spojení, přijmout a odvysílat, co bylo třeba. Radiotelegrafisté VRÚ si byli vědomi toho, že jejich protějšek třeba zrovna nemá dost klidu a bezpečí pro práci a tak se snažili svým kamarádům „doma“ situaci co nejvíce ulehčit. Kromě různých technických opatření a vysílání s maximálním výkonem používali řadu opatření provozních. Při zahajování provozu s novou stanicí byl zesílen počet obsluh u přijímačů. Dokázali „svou“ stanicí identifikovat podle způsobu klíčování, někdy i jen po vyslání řady „V“ pro vyladění. Měli dohodnutý (nebo spojovacím plánem stanovený) způsob rychlého přechodu na záložní kmitočty, harmonické či jiné kmitočty.

K tomuto účelu sloužily různé manipulační tabulky a hesla. Ku příkladu pro spojení se stanicí ZDENKA (skupiny CALCIUM) to byla tabulka pro tvorbu volacích znaků s heslem pro zapamatování „ALOIS JIRASEK“ (obr. 11). V prvním sloupci tabulky jsou uvedeny dny její platnosti, v dalších sloupcích je do trojic rozloženo „heslo pro zapamatování“ a pod ním visle v pořadí odpovídající písmena abecedy. Stanice ZDENKA použila při volání libovolný ze čtyř znaků příslušného dne. VRÚ pak odpovídala znakem minulého dne, kde prostřední písmeno nahradila libovolnou číslici. Pro určení času a kmitočtu příští relace byly spojovacím plánem stanoveny:

- a) krycí znaky dnu:
- | | | | | | |
|---------|----|---------|----|--------|----|
| neděle | 52 | středa | 78 | sobota | 39 |
| pondělí | 94 | čtvrtek | 46 | | |
| úterý | 17 | pátek | 83 | | |
- b) čísla kmitočtu:
- hlavní denní (8920 kHz) 61
pomocný denní (9764 kHz) 62
hlavní noční (4460 kHz) 63
- c) transpoziční tabulka (viz tab. 4).

Mělo-li být spojení uskutečněno kupř. v úterý v 03.15 hod., potom měla pětistá číslicová skupina tvar: 17031 (17 – úterý, 031 – první tři číslice z času). Převědno na písmena: VUPCJ ZWZNP. VRÚ potom poslouchala v uvedený den od 03.00 do 03.20 hod. na kmitočtu, který byl určen podle této tabulky čtyřmístnou skupinou písmen. Vyžádáno bylo spojení na kmitočtu hlavním nočním (4460 kHz), označeném číslem 63. Převědno na písmena: DUXS. Šifrování vlastních zpráv bylo uskutečňováno jinými způsoby.

Používali standardních Q-kódů, ale s jiným, smluveným významem (obr. 12). Provozní zručnost na vysoké úrovni – to byl významný prvek, který charakterizoval radisty VRÚ.

Stejně lze posuzovat například provozní výsledky radiotelegrafistů skupiny SILVER A svob. Jiřího Potučka, skupiny CLAY čet. asp. Čestmíra Šikoly, či skupiny ANTIMONY svob. Lubomíra Jasnika. V tab. 5 uvádím pro názornost krátký výřez z provozní činnosti jmenovaných radiotelegrafistů. Jen člověk užije spjatý s rádiem si dokáže představit náročnost, fyzické i psychické vypětí, které je s touto činností spojeno. V ideálních podmínkách jsou tyto vlivy umocňovány a jen nesnadno je lze odhadnout.

Výkony Jiřího Potučka je nutno ocenit ještě i z dalšího hlediska. Nejenže udržoval spojení v širokém rozsahu. V době, kdy vysílal z Ležáku, navíc s přijatými telegramy jezdil na kole z Ležáku do Pardubic, v další fázi pak asi na poloviční vzdálenost. Přitom jedna cesta Ležák–Pardubice a zpět činila kolem 70 km!

Tab. 5. Příklady provozní činnosti některých skupin

SILVER A (svob. Potuček)

Datum	Provoz	Telegram s počtem		Potřebný čas pro znaků/min.			Poznámka
		znaků	skup.	100	80	60	
20. 4. 44	vysílal	477	96	5	6	8	rozumí se za předpokladu
20. 4. 42	přijal	1062	212	11	13	18	bezchybného klíčování;
5. 5. 42	vysílal	750	150	8	9	13	čistý text bez hlavy TLG

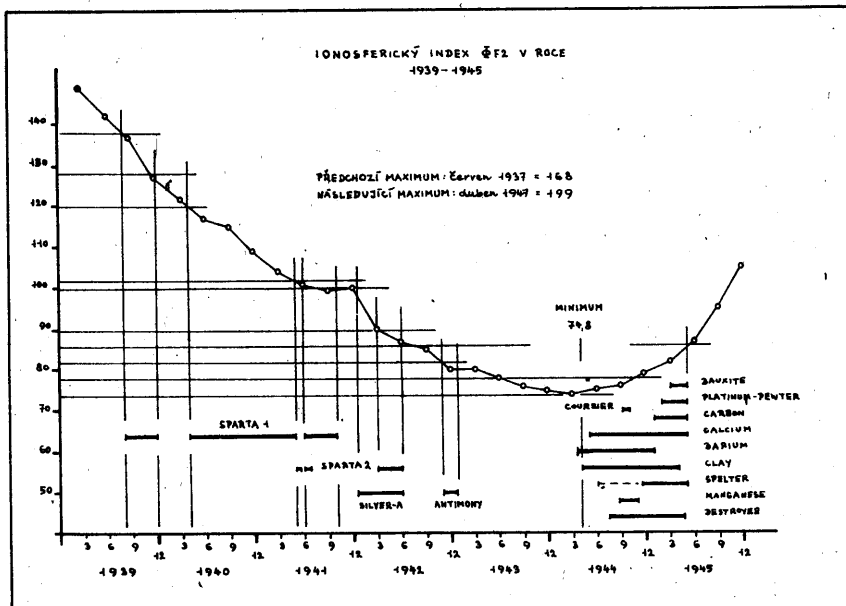
ANTIMONY (svob. Jasinek)

1. 1. 43	vysílal	1852	370	19	23	31	otevřený text má
8. 1. 43	přijal	3800	760	38	47	63	poloviční počet znaků
12. 1. 43	vysílal	462	93	5	6	8	(způsob šifrování)

CLAY (čet. asp. Šikola)

30. 4. 44	vysílal	174	35	2	2,5	3	při prvním spojení od 23.25 do 23.50 hod.
září 44	vysílal	375	75	4	5	7	při jedné relaci až 20 TLG po 70 až 80 skupinách 3× týdně
jedna relace (průměr)		7500	1500	75	94	125	
prosinec 44	vysílal	2500	500	25	31	42	jedna relace

Průřez činností je vybrán jako ukázka z omezeného množství provozních písemností. I tak ukazuje dostatečně přesvědčivě provozní zručnost radiotelegrafistů paraskupin a Vojenské rádiové ústředny.



Obr. 13. Tabulka indexu ΦF_2 v období 2. světové války s vyznačenou dobou provozu radistů paradesantních skupin

Příkladně úsilí pro splnění úkolu vyvinuli radiotelegrafisté skupiny CARBON čet. asp. Jaroslav Šperl, SPELTER čet. Jan Vavřda s rotným Rudolfem Novotným a jejich spolupracovníci z domácího odboje. Obě skupiny o své stanice přišly. Pro CARBON postavili stanice F. Jagoš a radioamatér Jaroslav Kuchař, OK1SM. Provozní údaje pro ně vyžádala skupina CLAY. Pro SPELTER zhotovil stanici radioamatér L. Fiala, OK2FW, a F. Doležilek. Spojení s VRÚ bylo navázáno telegraficky, ale vysíláním otevřenou řečí (odposlechnuto britskou odposlechovou službou a předáno VRÚ) za pomoci radioamatérských prefixů. Angličtí volali znakem „G“, což byl i tehdy platný prefix pro britské radioamatéry. Vavřdova stanice se představila jako: „OK3XY“. Na základě tohoto ojedinělého činu se jim pak podařilo vykořisťovat nejen shoz zbraní, ale i nové stanice.

O různých takticko-provozních a technických opatřeních jsem se již stručně zmínil v jiných souvislostech. Pro úplnost uvádím jejich výčet:

- před odletem vedli cvičnou korespondenci se svým protějškem na VRÚ;
- někteří byli před odletem zařazeni na praxi na VRÚ;
- těsně před odletem byli přezkušováni ze znalosti spojovacího plánu (volací znaky, doby relací, zvláštnosti provozu atp.);
- pro případ, že by bylo slyšet jen vysílání v Anglii, byla vydána hesla, která by odvysílala rozhlasová stanice BBC;

- pro každý čas dohodnuté relace byl stanoven hlavní a dva záložní kmitočty;
 - bylo doporučeno používat krystaly s kmitočty poblíž kmitočtu rozhlasových vysílačů;
 - bylo doporučeno používat vždy nejvyšší kmitočty pro danou dobu;
 - krystaly (kmitočty) byly sestaveny do skupin pro provoz: a) ráno a večer; b) ve dne; c) v noci;
 - v každé skupině pak byl určen kmitočty hlavní a dva záložní;
 - obsluhy korespondenčních stanic operativně přizpůsobovaly čas relací jak vlastní situaci, tak i odporovaným podmínkám šíření rádiových vln;
 - byl dohodnut způsob provozu s vysíláním „naslepo“ jak skupinami, tak i VRÚ;
 - spojovacím plánem byly stanoveny volací znaky pro zahájení provozu a způsobu tvorby volacích znaků v další fázi činnosti;
 - byly dohodnuty různé „pojistky“ pro případ zajištění a vysílání z donucení (někteří stanovili spojovací plán, další si dohodli obsluhu mezi sebou);
 - ke krytí provozu některé stanice (různé) vysílaly telegramy střídavě s hlavou telegramu podle britských, jindy podle německých spojovacích předpisů;
 - měnili vysílací stanoviště, dobu pro vysílání, kmitočty.
- Výčet je bezpochyby neúplný. Nepostihuje všechny případy, které bylo nutno řešit podle konkrétní situace. Ne všechno bylo možné předvídat a mít připraveno řešení.

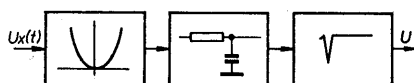
Neharmonické průběhy se vyskytují a měří stále častěji. Běžné přístroje, měřící střídavé napětí a proud, používají k převodu těchto veličin na stejnosměrné napětí zpravidla usměrňovače, které převádějí střídavé napětí na jeho střední hodnotu (z tužemských přístrojů je to např. PU 510 a PU 500 firmy Metra Blansko a všechny ostatní naše i zahraniční přístroje, u kterých není výslovně uvedeno, že měří efektivní hodnotu). Přístroj tedy měří střední hodnotu, je však cejchovaný v efektivní hodnotě a cejchován je zpravidla sinusovým signálem. Chyba měření u těchto přístrojů je pak dána třídou přesnosti pouze při měření harmonického sinusového signálu. Měříme-li takovým přístrojem jakýkoliv jiný signál, vyšší harmonické složky způsobí chybu měření, a to zápornou nebo kladnou, podle toho, které harmonické převládají a jaký je mezi nimi fázový posun, případně na tom, které harmonické je přístroj ještě schopen zpracovat.

Jak je uvedeno v [2], obsahuje-li například zkreslený sinusový signál 30 % fázové neposunuté třetí harmonické, činí chyba měření asi -14 %, a je-li podíl třetí harmonické 5 % (což již nelze na osciloskopu rozeznat), je chyba měření -1,8 %. Z uvedených výsledků je zřejmé, že pokud si nejsme jisti, že měříme nezkraslený signál, nelze na přesnost měření na střídavých rozsazích těchto přístrojů příliš spoléhat.

Převodníky efektivní hodnoty

Pro měření nesinusových signálů je nutno použít přístroj, který měří efektivní hodnotu. Převodníky efektivní hodnoty mohou pracovat na různých principech. Relativně přesné výsledky však dávají pouze ty převodníky, které převádějí periodický signál na stejnosměrné napětí, úměrné jeho efektivní hodnotě, podle fyzikální či matematické definice a nikoliv přepočtem z některé jiné charakteristické hodnoty časového průběhu pomocí vztahů, platných pro sinusový průběh. Pro zdůraznění této skutečnosti se převodníky a měřicí přístroje této kategorie často nazývají převodníky a přístroje, měřící skutečnou (pravou) efektivní hodnotu, a označují se true RMS nebo TRMS.

Možností převodu střídavého napětí na stejnosměrné napětí, úměrné jeho efektivní hodnotě, je celá řada. Pomineme-li přístroje s elektromagnetickým ústrojem, či přístroje využívající fyzikální definici efektivní hodnoty (tj. přeměnu proudu nebo napětí na teplo), zůstává jako poslední metoda získání skutečné efektivní hodnoty podle matematické definice. Blokové schéma takového převodníku je na obr. 1.

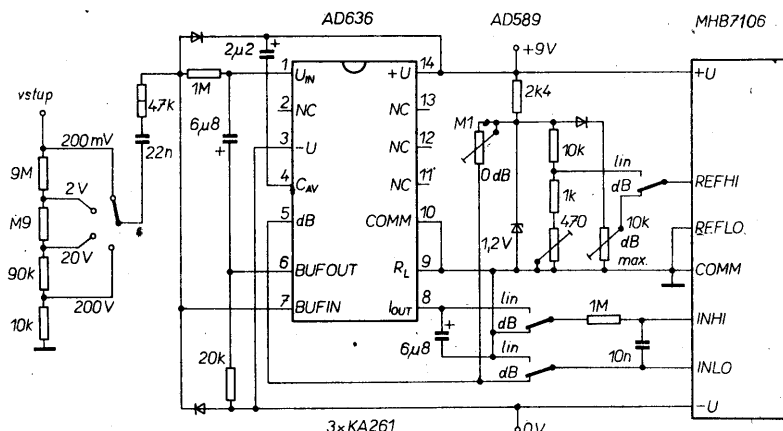


Obr. 1. Blokové schéma převodníku

Převodník tvoří kaskáda kvadrátoru (obvodu, realizujícího druhou mocninu), obvodu pro integraci a obvodu pro výpočet odmocniny. Obvody pro tyto jednotlivé funkce mohou být sdruženy do jediného integrovaného obvodu. V současných přístrojích jsou nejrozšířenější integrované převodníky typu AD636 nebo AD536 firmy Analog Devices, popř. analogické typy jiných firem. Tyto obvody mají kromě stejnosměrného výstupu také výstup pro decibellovou stupnici. V pouzdře je vestavěn samostatný operační zesilovač, který lze připojit buď na vstup a zvýšit tím vstupní impedanci až na $10^8 \Omega$, nebo s ním lze realizovat výstupní filtr, který umožní použít převodník i pro nízké kmitočty (jednotky Hz).

Tab. 1. Základní údaje o převodnících AD636 a AD536

	AD636	AD536
Maximální napájecí napětí	$\pm 12 \text{ V}$ nebo $+24 \text{ V}$	$\pm 18 \text{ V}$ nebo $+36 \text{ V}$
Proud odebraný v klidovém stavu	0,8 mA	1,2 mA
Efektivní hodnota vstupního napětí	0 až 200 mV	0 až 2 V
Vstupní kmitočet	do 1,5 MHz	do 2,3 MHz
Základní přesnost	$\pm 0,5 \text{ mV} \pm 0,6 \%$ z měřené hodnoty	$\pm 5 \text{ mV} \pm 0,5 \%$ z měřené hodnoty



Obr. 2. Zapojení převodníku AD636 v 3 1/2místném multimetru

Příklad zapojení převodníku AD636 v třípůlmístném multimetru, měřícím TRMS s údaji ve voltech nebo decibelech, je na obr. 2. Základní parametry převodníků AD636 a AD536 jsou v tab. 1. Podrobnější údaje lze nalézt v [3] nebo [4].

Multimetr TRMS PU 516

Snad každá firma, specializující se na výrobu měřicí techniky, má ve svém sortimentu jak přístroje, měřící střední hodnotu, tak i přístroje s převodníkem efektivní hodnoty. Právě v poslední době se objevuje množství malých 3 1/2 nebo i 4 1/2místných multimetrů, měřících efektivní hodnotu. Ze zahraničních přístrojů lze jmenovat např. MP 12 až MP 14 firmy Norma, M 2008A firmy ABB – Metrawatt, nebo některé multimetry z řady 8000 firmy Fluke. Přístroje mají obvykle i automatické přepínání rozsahů, analogové zobrazení měřené veličiny a mnoho dalších doplňkových funkcí. Výrobci zpravidla nabízejí ucelenou řadu přístrojů, lišících se přesností, vybavením doplňkovými funkcemi a hlavně cenou. Přístroje, které měří skutečnou efektivní hodnotu, bývají zpravidla asi o třetinu dražší, než obdobné přístroje, měřící střední hodnotu.

V tuzemsku zatím pouze Metra Blansko doplnila svou řadu malých univerzálních měřidel PU 500 multimetrem PU 516, který měří skutečnou efektivní hodnotu. Tentý přístroj je dalšími svými parametry podobný přístroji PU 510, vyráběnému již řadu let, ovšem na rozdíl od něj je vybaven převodníkem TRMS typu AD636.

Přístroj PU 516 měří střídavé napětí v pěti rozsazích (200 mV, 2 V, 20 V, 600 V). Vstupní odpor přístroje na všech rozsazích je 10 M Ω . Základní přesnost střídavých napětíových rozsahů je $\pm 1 \%$ z měřené hodnoty $\pm 0,5 \%$ z měřícího rozsahu. Údaje platí pro sinusový průběh o kmitočtu 50 až 60 Hz. Pro jiné kmitočty v rozsahu od 40 Hz do horního mezního kmitočtu platí přídavná chyba $\pm 2,5 \%$. Horní mezní kmitočet je pro jednotlivé rozsahy různý (až 10 kHz).

Přídavná chyba 0,5 % platí také pro průběhy, odlišné od sinusového, až do hodnoty $k_v = 2,5$.

Zde je na místě připomenout, že měříme-li signál o určitém k_v , je třeba brát v úvahu také jeho kmitočtové spektrum. Měříme-li například přístrojem PU 516 pravoúhlý signál, jehož $k_v = 1$, nebude správně změřen, neboť jeho kmitočtové spektrum obsahuje díky strmým náběžným a sestupným hranám harmonické složky o vysokých kmitočtech, které přístroj již nezpracuje. Obdobně to platí i pro měření střídavých proudů, které přístroj měří v šesti rozsazích (200 μA až 10 A) s přesností $\pm 1 \%$ z měřené hodnoty $\pm 0,5 \%$ z měřícího rozsahu).

Tato poznámka se týká samozřejmě všech přístrojů, měřících efektivní hodnotu.

Přístroj PU 516 také umožňuje měřit stejnosměrné napětí v rozsazích 200 mV až 600 V s přesností $\pm 0,5 \%$ z měřené hodnoty $\pm 0,5 \%$ z měřícího rozsahu), stejnosměrný proud v rozsazích 200 μA až 10 A s přesností stejnou jako u střídavého napětí, a odpor v rozsazích 200 Ω , 2 k Ω , 20 k Ω , 200 k Ω , 2 M Ω , 20 M Ω s přesností $\pm 0,5 \%$ z měřené hodnoty $\pm 0,5 \%$ z měřícího rozsahu).

Doplňkovými funkcemi multimetru PU 516 jsou zkoušečka polovodičových součástek a akustický indikátor velmi malého odporu (tzv. bzuchák pro vyhledávání zkratů). Zájímavou konstrukční novinkou je také použití smíšené montáže při výrobě. Část součástek je klasických – s drátovými vývody – a část jsou bezvývodové součástky, osazené technologií povrchové montáže (tzv. SMT).

Za upozornění stojí skutečnost, že všechny měřicí rozsahy přístroje (kromě zkoušečky polovodičových součástek) jsou chráněny proti napětovému přetížení nejméně do 250 V. Přístroj i šňůry k němu dodávané splňují z hlediska bezpečnosti požadavky, kladené na přístroje, zařazené do bezpečnostní třídy II. Lze tedy říci, že multimetr PU 516 je i z hlediska bezpečnosti na dobré úrovni.

Závěr

Cílem článku bylo upozornit populární formou na problematiku měření střídavých signálů především malými multimetry, které se v amatérské i profesionální praxi používají

nejčastěji, a upozornit na nový výrobek Met-ry Blansko, který doposud na našem trhu chyběl.

Otázka měření periodických veličin je velice obsáhlá a nelze ji takto krátce podrobněji objasnit, ovšem pokud si čtenáři ujasnili, jakým měřením mohou použít běžný multimetr a jaké jsou výhody měřidla s převodní-

kem efektivní hodnoty, splnil článek svůj účel.

Literatura

- 1| Ďádo S., Sedláček, M.: Měření aktivních elektrických veličin s neharmonickými průběhy. SNTL: Praha 1987.

- 2| Sokolíček, J.: Vliv zkreslení měřeného průběhu na údaj přístroje. Měřicí technika č. 3/1983.
- 3| Kitchin, Ch.; Counts, L.: RMS to DC conversion application guide. 2nd edition 1986.
- 4| Maxim 1989 Integrated circuits data book. Katalog.

Multimetr s obvodem 7106

Ing. Jiří Vondrák, ČSc.

V nedávné době byl na náš trh uveden velice užitečný výrobek. Je to stavebnice číslicového měřidla s rozsahem ± 200 mV, využívající vynikajících vlastností integrovaného obvodu MHB7106. Tento článek popisuje jednak zkušenosti se stavbou a oživením této stavebnice, jednak návod na její využití v jednoduchém multimetru.

Popis stavebnice

Stavebnice ADM 2001 obsahuje všechny součásti, potřebné k sestavení obvodu číslicového měřidla. Jsou to především všechny polovodičové i pasivní součástky, deska s plošnými spoji a z konstrukčních prvků jsou to ještě rámeček pro zobrazovač, několik pájecích oček a držák baterie. Ve stavebnici nechybí ani dosti obsáhlý návod.

Ze stavebnice lze v krátké době postavit měřidlo s rozsahem 199,9 mV s velkým vstupním odporem, zobrazující 3 1/2 místa. Doba převodu a tím i interval mezi po sobě následujícími číselnými údaji je asi 0,3 až 0,5 s.

— Zkušenosti se stavbou

Ve stavebnici nechyběly žádné součásti a po elektrické stránce je plně uspokojující. Pokud dodržíme jistou opatrnost při práci s obvody MOS, citlivými na elektrostatické náboje, pak by zapojení a oživení stavebnice nemělo představovat žádný problém. Jako jediná změna přichází v úvahu pozměnit jeden z rezistorů obvodu pro indikaci stavu baterie. Na zkoušené stavebnici totiž bylo nutno nastavit trimr R14 (viz obr. 2 v návodu přiloženém ke stavebnici) až na samý konec odporové dráhy. Výměnou rezistoru R7 se problém snadno odstranil.

Při stavbě multimetru, s nímž lze měřit nejen proud a napětí, ale i odpor, je třeba přerušit spojky číslo 2, 3 a 4, a to pokud možno před osazením součástek na desku. Při ožívování přístroje je dočasně nahradíme drátovými spoji.

Poněkud méně pozornosti je věnováno mechanickým pracem. Popis montáže rámečku není zcela jednoznačný a hlavně – deska voltmetru není přizpůsobena upevnění do skříňky, pomineme-li možnost připevnit ji pomocí čtyř nýtů o průměru 1,5 mm z plastu za rámeček zobrazovače.

Past na amatérské konstruktéry představuje držák baterie. Pokud si totiž stavebnici předem řádně neprohlédneme, pak pravděpodobně – vedení obrázky jak v návodu, tak i na krabici – přinýtujeme držák baterie k desce ze strany součástek a později zjistíme, že voltmetr nelze žádným kulturním způsobem vestavět do skříňky.

Kromě toho se u přívodu z baterie nepočítá se zapojením vypínače; vypínat měřicí přístroj vyjmutím baterie je dosti nepohodlné a životnosti přístroje (hlavně kontaktů u baterie) to nijak neprospěje.

Dvojlinku, určenou pro spojení kontaktů baterie s deskou ADM 2001, raději nahradíme jinou, asi o 20 mm delší; usnadníme si tím zakládání nové baterie. Kromě toho ji připájíme z opačné strany, aby baterie mohla být uložena na straně spojů (nikoli na straně součástek).

Koncepce multimetru

Příruční multimetr musí měřit napětí a proud, a to jak stejnosměrný, tak i střídavý, a kromě toho i odpor. Celkem je to asi dvacet rozsahů a mnoho spínacích cest. Amatérský konstruktér je ovšem velmi omezen ve volbě nejrůznějších součástek, na příklad přepínačů. Navržená koncepce vychází z toho, co je nejdostupnější.

Celková koncepce voltmetru plyne z blokového schématu, uvedeného v obr. 1. V něm je zjednodušeně znázorněn režim měření napětí, proudu, odporu a přepínání na měření střídavých či stejnosměrných veličin.

Modul ADM 2001 využívá všech vlastností obvodu MHB7106. Vstupní napětí se k němu přivádí svorkami In-H a In-L. Zkratka In pochází ze slova Input = vstup. Písmeno H (H = high = vysoký) znamená velkou impedanci vstupu a označuje „živý“ vstupní vodič. Podobně označuje písmeno L (low = nízký) „studený“ vstupní vodič.

Vstupní napětí se porovnává s napětím na srovnávacím vstupu REF. Význam písmen H a L je obdobný. Údaj na displeji tedy určuje poměr mezi vstupním a srovnávacím napětím.

Obvod MHB7106 obsahuje kvalitní zdroj srovnávacího napětí, který se v modulu ADM 2001 používá při měření proudů a napětí.

Přepínač funkcí, který budeme označovat jako PŘ1, má několik sekcí. Jedna z nich přepíná vstup In-H jednak na vstupní proudový bočník při měření proudu, jednak na vstupní napěťový dělič při měření napětí, a konečně na svorku pro měřený odpor při měření odporu (viz obr. 1). Do cesty měřeného napětí je dalším přepínačem (PŘ2) zařazen usměrňovač, potřebný pro měření střídavá.

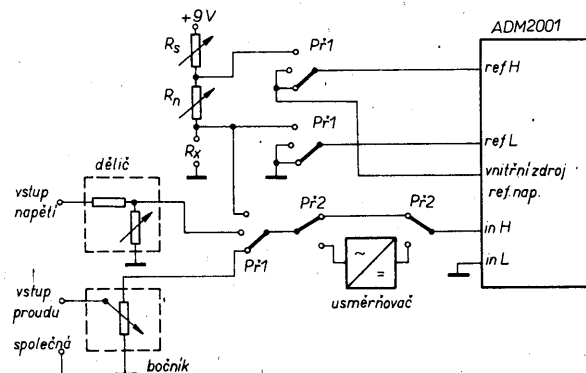
Další dvě sekce přepínače PŘ1 obsluhují vstupy srovnávacího napětí Ref-H a Ref-L. Při měření proudů a napětí se k nim připojuje vnitřní zdroj referenčního napětí a přívod Ref-L se spojuje se společným vodičem In-L, (při měření odporu se tímto vstupem snímá úbytek napětí na normálovém odporu – rezistoru Rn. Při měření odporu obvodem prochází proud, omezený předřadným odporem – rezistorem Rs. Z principu činnosti obvodu plyne, že na přesné hodnotě proudu nijak nezáleží. Pouze nesmí ani napětí In, ani Ref překročit meze, dané vlastnostmi modulu ADM 2001, ani nesmí být příliš malé ve srovnání se stálostí nuly.

V obr. 1 je vynecháno přepínání napájecích napětí pro usměrňovač a ohmmetr, ovládání polohy řádové čárky na displeji a řada dalších podrobností.

Vstupní dělič a bočník

Při měření napětí přístrojem s 3 1/2 místným zobrazovačem je nejcitlivější rozsah dán jako 200 (přesněji 199,9) mV. Nejvyšší rozsah pak je 200 nebo dokonce 2000 V. Tak vysoká napětí není přípustné spínat žádným miniaturním přepínačem. Z možných základních zapojení přepínače napěťových rozsahů proto přichází v úvahu jediné zapojení podle obr. 2. Navíc, na předřadném odporu – rezistoru R1 – nesmí být překročeno nejvyšší přípustné napětí. To je pro běžné rezistory 100 až 200 V. Proto tento odpor sestavujeme z několika rezistorů.

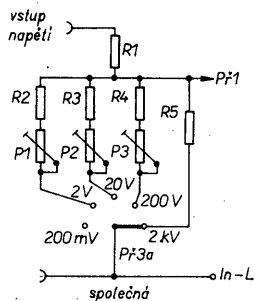
Podobný je problém měření proudů. Tam je použito zapojení z obr. 3. Zde zase vystává problém nejvyššího přípustného proudového zatížení přepínače. Ten lze ovšem obejít tak, že oba nejvyšší proudové



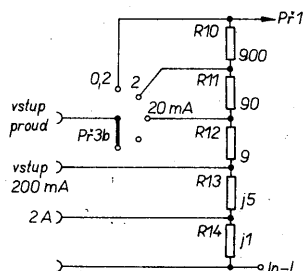
Obr. 1. Blokové schéma

rozsahy, tj. 0,2 a 2 A – jsou přepínány přesunutím přívodní šňůry do příslušné zdičky.

Za tyto kompromisy ovšem platíme jednak obtížnější obsluhou, jednak tím, že se náš multimetr bude ježit svorkami anebo zdičkami.



Obr. 2. Vstupní napěťový dělič



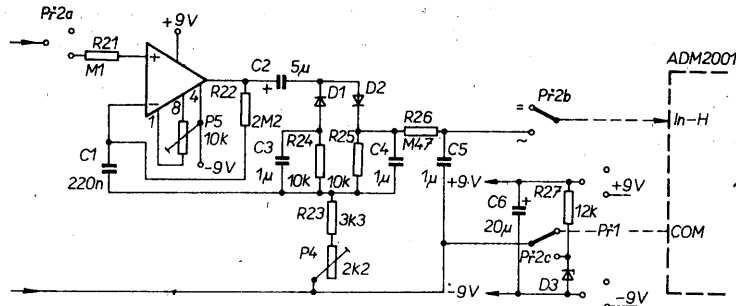
Obr. 3. Vstupní proudový bočník

Usměrňovač

Zapojení měřícího usměrňovače je rovněž přejato ze stavebního návodu voltmetrového modulu a je překresleno v obr. 4. Z hlediska střídavého napětí pracuje obvod jako neinvertující zesilovač s velkým vstupním odporem, jehož zesílení je dáno poměrem odporů ve zpětnovazební větvi. Ta se ale vlastně skládá ze dvou částí. Jednak je to odpor mezi společným vodičem a invertujícím vstupem operačního zesilovače (R23 + trimr P4), jednak je to jeho horní část, složená ze dvou paralelně zapojených jednocestných a kondenzátorem oddělených usměrňovačů. Jako u všech analogových usměrňovačů, řízených zápornou zpětnou vazbou, se i v tomto obvodu využívá vlastností polovodičových diod. Zatěžovací odpory obou usměrňovačů (R24 a R25) jsou totiž voleny tak, aby samy byly zanedbatelně malé oproti odporu diody v závěrečném směru, a mnohonásobně větší, než je odpor diody ve směru propustném.

Časový průběh napětí na výstupním odporu R24 nebo R25 je proto tvořen stejnosměrně posunutou sinusovkou, tvarově jen málo zkreslenou a s průběhem přímo úměrným vstupnímu napětí. Stejnosměrná složka obou je rovněž přímo úměrná vstupnímu napětí a jednu z nich lze využít jako výstupní stejnosměrné napětí, které bude dále zpracovávat náš voltmetrový modul. K tomu musí být vyhlazena filtračním členem R26 C5.

Multimetr je napájen jednou devítivoltovou baterií (typ 51D). Je jistě vhodné, je-li operační zesilovač analogového usměrňovače napájen z téhož zdroje. Při tom nesmí ani při kladných, ani záporných půlvlnách operační zesilovač omezovat a zkreslovat zpracovávaný signál. Napětí 9 V je dosti malé a napětí analogové „nuly“ obvodu MHB 7106 je asi 6 V (vůči zápornému pólu baterie). Proto nemůžeme „zem“, tj. střední bod analogového usměrňovače, a s ním i vstupní vývod In-L spojit s touto analogovou zemí (vývod



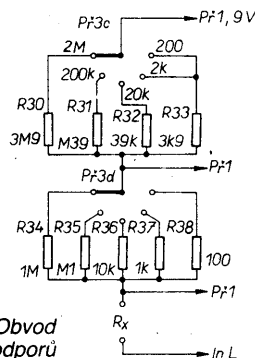
Obr. 4. Měřící usměrňovač

Com), nýbrž pro ni musíme vytvořit umělý střed z rezistoru R27 ($R = 12 \text{ k}\Omega$) a Zenerovy diody KZ141. Tento umělý střed lze samozřejmě používat i při měření stejnosměrných veličin. Zbytečně je tím však zatěžována baterie. Proto je jak napájení operačního zesilovače, tak i umělý střed připojen pouze při střídavém měření a při stejnosměrných rozsazích jsou vývody In-L a Com spojeny.

Obvod ohmmetru

Náš multimetr ještě obsahuje obvod pro měření odporu, rovněž přejatý ze stavebního návodu. Tam je ale uveden se dvěma nepřesnostmi nebo dokonce chybami. Na rozdíl od obr. 9 v návodu na str. 19 je především při změně rozsahu třeba přepínat nejen odpor R_n , ale i měnit protékající proud změnou odporu R_s . A hlavně, ve zmíněném obrázku je bez zjevného důvodu k rezistoru R_n paralelně připojen rezistor $1,2 \text{ k}\Omega$.

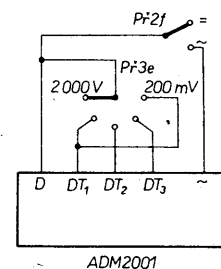
Činnost obvodu ohmmetru byla objasněna v předchozím textu (obr. 1). Podrobné zapojení je uvedeno v obr. 5. Oproti obecnému popisu je doplněno o přepínání normálových a předřadných odporů R_n a R_s . Rezistor R33 ($3 \text{ k}\Omega$) je společný pro oba nejnižší rozsahy měření proudů jakožto předřadný odpor R_s . Tím se omezí odběr proudů z baterie při měření odporu do 200Ω .



Obr. 5. Obvod měřící odporu

Indikační obvody

Obr. 6 ukazuje dílčí schéma obvodů pro přepínání desetinné čárky jednou sekci přepínače P1 a zobrazení symbolu střídavého proudu přepínačem P2.



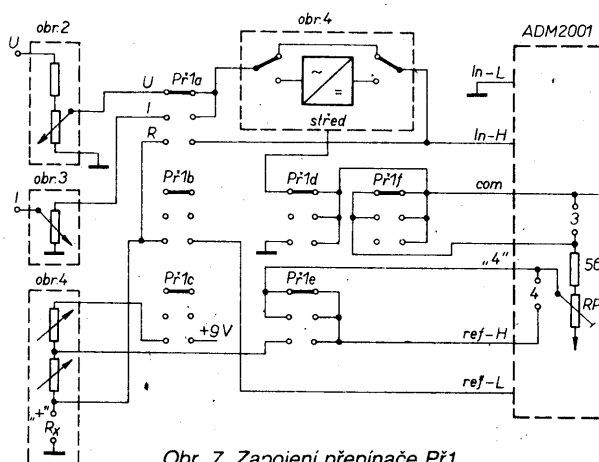
Obr. 6. Indikační obvody

Přepínače funkcí

Přístroj má celkem pět pracovních režimů, a to měření odporu a střídavých a stejnosměrných napětí a proudů. K přepínání pracovních režimů jsou z praktických důvodů použity dva otočné paketové přepínače řady WK 333. Třetím podobným přepínačem se přepínají jednotlivé rozsahy. Otočné přepínače namísto dnes oblíbených tlačítek ISOSTAT byly zvoleny pro úsporu místa; do skřínky daných rozměrů bychom větší pole tlačítkových přepínačů těžko umístili.

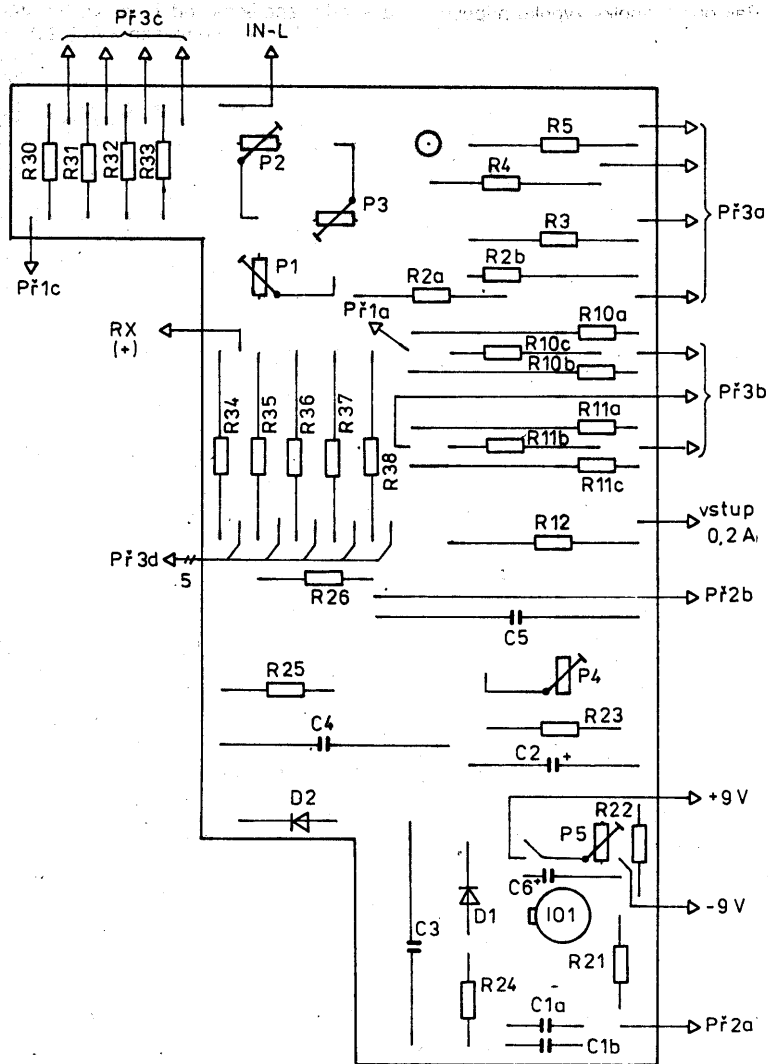
Prvním přepínačem, označeným P1, se přepínají hlavní funkce, tj. měření napětí, proudu a odporu. Vhodné jsou miniaturní paketové přepínače WK 533 18, WK 533 20, WK 533 26 nebo WK 533 40.

Přepínač P1 spíná podle potřeby spoje 3 a 4 na desce ADM 2001 (viz schéma v obr. 2 na str. 5 návodu), analogovou zem Com a vývod In-L, obvod pro měření odporu a napájení usměrňovače. Zapojení přepínače P1 je v obr. 7; v němž jsou vyznačeny jen nejn nutnější části modulu ADM 2001 a vstupní obvody jsou rovněž zjednodušeny.



Obr. 7. Zapojení přepínače P1

12



Obr. 10. Rozložení součástek

nejvyšší proudové rozsahy a kromě předřadného odporu 10 M Ω . Mimoto jsou ještě mimo desku umístěny součástky, tvořící umělý střed (diody D3 a rezistor R27, připojené přímo na přepínač PŘ2.

Deska je připevněna ke dvěma úhelníkům, spojeným se svorkou pro proudový vstup a svorkou společnou.

Oba bočníky jsou vyrobeny z odporového drátu, bočník pro 0,2 A je navinut bifilárně. Jsou připojeny přímo mezi příslušné svorky.

Předřadný odpor R1 (10 M Ω) je sestaven z pěti rezistorů, a to proto, aby na žádném rezistoru nepřekročilo napětí přípustnou mez. Proto jsou tyto rezistory umístěny odděleně. Jsou zapojeny za sebou a zakryty „bužirkou“, nejlépe tlustostěnnou silikonovou. Tu na řetěz rezistorů navlékneme pokud možno tak, aby zakryla i matku, přidrží jí svorku pro vstup napětí. Navíc tento řetězec rezistorů ovíneme drátem, který spojíme se společnou svorkou.

Po vložení desky modulu ADM 2001, proudových svorek a bočníků pro oba nejvyšší proudové rozsahy do skříňky připevníme všechny tři přepínače a zapojíme nejdříve přepínače PŘ1 a PŘ2. Jejich činnost – až na střídavé rozsahy – předběžně ověříme. Připravíme si vodiče pro připojení bočníku, vstupního děliče a ohmmetru. Připojíme všechny vodiče k desce a tu nakonec připevníme k oběma drátům (svorníkům) se závitkem M3.

Výběr součástek

Při volbě rezistorů postupujeme velmi pečlivě. Nejvhodnější by samozřejmě byly téměř nedostupné rezistory destičkové. Snažší je použít rezistory řady TR 161 nebo alespoň TR 191, před zapájením je změřit a pokud možno vybírat.

Celistvé hodnoty odporu normálových rezistorů v ohmmetru nečiní zvláštní potíže. Kromě nejmenšího odporu 1 k Ω (R5 v děliči) je třeba do série s rezistory R2, R3 a R4 zařadit trimr. Odpor R2 lze nejlépe realizovat zapojením dvou rezistorů (1 M Ω a 100 k Ω). Potřebné odpory R2, R3 a R4 jsou 1,1111 M Ω , 101,01 k Ω a 10,01 k Ω .

Odpory 900 a 90 Ω jsou získány paralelním řazením tří rezistorů, například 900 Ω paralelním řazením 1, 10 a 100 k Ω .

Kalibrace

Při kalibraci nejprve nastavíme kalibrační odpor RP1 na desce ADM 2001. Přístroj přepneme na stejnosměrný napěťový rozsah 0,2 V nebo na proudový rozsah 0,2 mA a připojíme paralelně k milivoltmetru a ke zdroji napětí, na nichž můžeme přesně nastavit napětí 200 mV. Proměnným odporem RP1 pak nastavíme na našem voltmetru údaj, shodný s údajem na přístroji kalibračním. Pokud jsme výběru součástek a nastave-

vení trimrů P1 a P3 věnovali dostatečnou pozornost, o zbytek se už postará obvod MHB7106.

Nakonec nastavíme analogový usměrňovač, nejlépe na středních kmitočtech v okolí 50 až 200 Hz a na napěťovém rozsahu 2 V. Přístroj přepneme na střídavý rozsah a nejprve při zkratovaných vstupních svorkách nastavíme nulu trimrem P5. Potom zkrat odstraníme, přístroj připojíme paralelně k cejchovacímu obvodu a trimrem P4 nastavíme správný údaj.

Bezpečnost při práci

Nejvyšší napěťový rozsah 2000 V zasahuje podle ČSN 34.1010 již do oblasti vysokých napětí. Proto také vlastně nejsme bez zvláštního školení oprávněni s tímto rozsahem pracovat. Na příklad multimetr VDM 11 (viz AR-A č. 11/1989) má z tohoto důvodu nejvyšší rozsah omezen na 750 V. Začínajícím amatérům proto vůbec přístroj s rozsahem 2000 v do rukou přijít nesmí. Proto doporučujeme R5 nahradit rezistorem o odporu 5,01 k Ω a získat tak rozsah 400 V, s nímž již lze měřit i nízké napětí 220 V, a při jeho užívání indikovaný údaj násobit dvěma.

Seznam součástek

Rezistory:

R21	0,1 Ω
R22	2,2 M Ω
R26	0,47 M Ω
527	12 k Ω
R30	3,9 M Ω
R31	0,39 M Ω
R32	39 k Ω
R33	3,9 k Ω

Rezistory vybírané (pokud možno TR 161, TR 162):

R1	4x 2,2 M Ω + 1x 1,2 M Ω
R2	1 M Ω + 1 M Ω
R3	0,1 M Ω
R4	10 k Ω
R5	1 k Ω
R10	paralelně 1 k Ω , 10 k Ω a 0,1 M Ω
R11	paralelně 100 Ω , 1 k Ω a 10 k Ω
R12	9 Ω , drátový, navinutý na rezistor 1 M Ω /2 W
R13, R14	9 a 0,9 Ω z odporového drátu
R23	3,31 k Ω
R24, R25	10 k Ω
R34	1 M Ω
R35	0,1 M Ω
R36	10 k Ω
R37	1 k Ω
R38	100 Ω

Odporové trimry:

P1	6,8 k Ω
P2	1 k Ω
P3	220 Ω
P4	2,7 k Ω
R5	15 k Ω

Kondenzátory:

C1	200 nF nebo 2x 100 nF, keramický
C2	5 μ F/70 V (použít tantalový)
C3, C4, C5	1 μ F
C6	20 μ F/15 V

Polovodičové součástky:

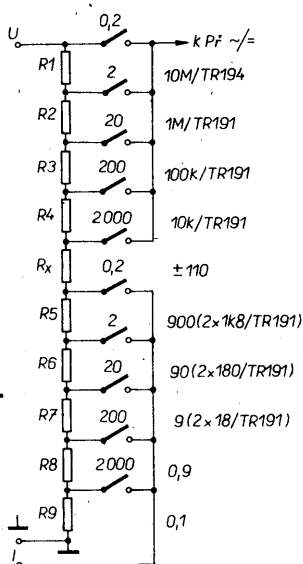
IO1	MAC156
D1, D2	KA261
D3	KZ141

Úpravy multimetru z Přílohy AR 1990

Ing. Martin Linda

Popsanými úpravami se zjednoduší stavba a rozšíří přístroj o jeden, popř. o dva rozsahy (20 M Ω , 20 A). Zásahy do plošných spojů jsou minimální nebo vůbec žádné.

Napěťový dělič je u původní konstrukce realizován rezistory tzv. devítkové řady. Základní výhody tohoto řešení, spočívající v tom, že není třeba dalších přesných rezistorů pro měření odporu, nebylo využito. Proto lze tento dělič zapojit nezávisle na

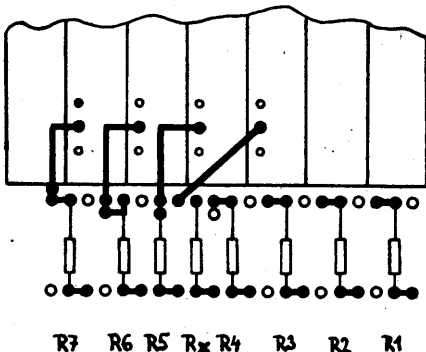


Obr. 1. Schéma zapojení modifikovaného vstupního děliče

proudových bočnicích. Výhodou řešení, znázorněného na obr. 1, je velmi jednoduchá realizace; lze použít běžně dostupné rezistory TR 191 až 194, které vyhovují teplotní závislosti pro amatérské měření a mohou být vybírány pouze na vzájemný poměr a nikoliv na přesný odpor, a to tak, aby platilo:

$$R1:R2:R3:R4: (Rx+R5+R6+R7+R8+R8+R9) = 10^1:10^2:10^3:10^4:1,111$$

Toto řešení nevyžaduje žádnou změnu na desce s plošnými spoji; rozložení součástek je znázorněno na obr. 2.

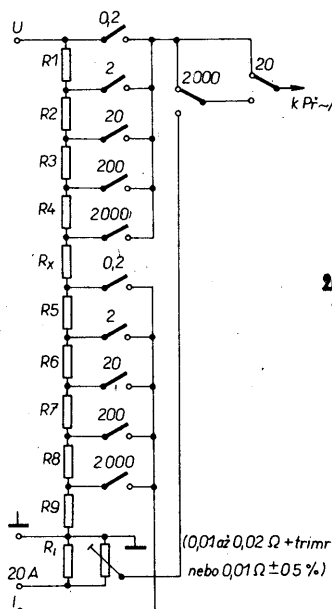


Obr. 2. Rozložení součástek a propojek vstupního děliče

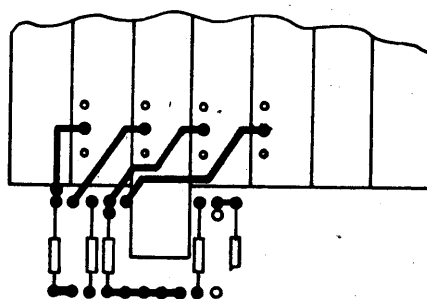
Druhou úpravou je rozšíření o rozsah 20 M Ω , který se volí současným stisknutím tlačítek „20“ a „2000“. K tomu je třeba použít přepínač se šesti segmenty u tlačítka „20“, změnit několik propojek a doplnit přesný rezistor s odporem 10 M Ω . Přestože obrazec plošných spojů není v tomto případě řešen optimálně, lze i tuto variantu realizovat na původní desce s jedinou úpravou; přerušením měděné fólie u jednoho vývodu přepínače (viz obr. 4). Vývody přepínače, které nebudou zapájeny do desky s plošnými spoji, je třeba odštípnout a zapilovat.

Protože u tlačítek „20“ a „2000“ zůstává po jednom volném segmentu (u tlačítka „2000“ jsou v původní konstrukci zapojeny dva segmenty paralelně), lze přístroj jednoduše rozšířit o rozsah 20 A; podmínkou je doplnit přístroj o rezistor s odporem 0,01 Ω (popř. větší s paralelním trimrem) a o jednu zdičku. Volba tohoto rozsahu je shodná jako v předchozím případě. Tato úprava vyžaduje přerušit plošný spoj ve dvou místech (viz obr. 4).

Schéma zapojení částí přístroje, která jsou odlišná od původního řešení, je na obr. 3. Na obr. 4 je zakresleno rozložení

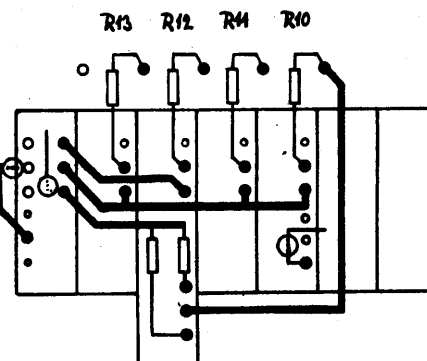


Obr. 3. Schéma zapojení vstupních děličů pro rozsahy 20 M Ω a 20 A



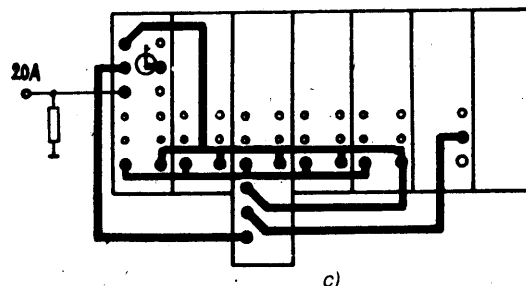
R7 R6 R5 Rx R4

a)



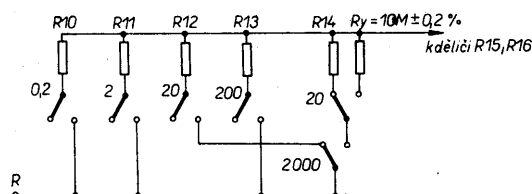
Ry R4

b)



c)

Obr. 4. Rozložení součástek a propojek: a – vstupní dělič; – rozsah 20 M Ω (kroužky vyznačují místa přerušení spoje); c – rozsah 20 A (kroužek ukazuje místo propojení)



Měřič teploty s MAA723

– fiz –

Návrh zapojení s jedním integrovaným obvodem MAA723, jež umožňuje měřit teplotu i s měřidly, která mají malý vnitřní odpor. Jako teplotního čidla je využit křemikového polovodičového přechodu a jeho lineární závislosti napětí na teplotě při konstantním proudu.

Celkové schéma zapojení je uvedeno na obr. 1. Při návrhu proudu I_d polovodičovou sondou, kterou může představovat křemiková dioda nebo některý z přechodů tranzistoru Si, je nutné vycházet z podmínky, že tento proud je větší než potřebný proud pro maximální výchylku měřidla I_M :

$$I_d > I_M. \quad (1)$$

Napětí na regulačních vstupech $U_3 = U_2$ je určeno tak, aby ani při nejnižší měřené teplotě t_{\min} , při níž je na přechodu nejvyšší napětí U_d , nebylo překročeno referenční napětí MAA723 ($U_{\text{ref}} \approx 7,15 \text{ V}$):

$$U_{\text{ref}} > U_3 + U_d(t_{\min}), \quad (2)$$

$$U_3 = U_{\text{ref}} \cdot R_4 / (R_3 + R_4). \quad (3)$$

Koeficient závislosti napětí na teplotě přechodu polovodiče k je definován takto:

$$k = \frac{\Delta U_d}{\Delta t} = \frac{U_{d2} - U_{d1}}{t_2 - t_1} \text{ pro } I_d = \text{konst.}, \quad (4)$$

kde U_{d1} je napětí na přechodu při teplotě t_1 ,

U_{d2} napětí na přechodu při teplotě t_2 .

Proud I_d je určen odporem R_d :

$$I_d = \frac{U_2}{R_d} = I_v + I_M, \quad (5)$$

přičemž proud I_d je výstupem 6 integrovaného obvodu MAA723 udržován konstantní i v případě, že do uzlu „A“ je přiváděn proud měřidla I_M , jenž se zvětšuje se vzrůstající teplotou. Volba pomocného děliče napětí R_1, R_2 a sériového odporu měřidla R_S se provede za těchto podmínek:

$$U_{N0} = U_{\text{ref}} \frac{R_2}{R_1 + R_2} = U_3 + U_d(t_{\min}), \quad (6)$$

což platí pro nezatížený dělič při t_{\min} , kdy $I_M = 0$ a napětím U_{N0} je v tomto případě kompenzováno výstupní napětí MAA723. Poklesem napětí na diodě dojde k rozvážení a celkový náhradní odpor děliče R_S musí splňovat podmínku, aby měřidlem tekla při maximální teplotě proud, potřebný pro jeho plnou výchylku.

$$I_M = \frac{|k(t_{\max} - t_{\min})|}{R_S} = \frac{\Delta U_{d\max}}{R_S}; \quad (7)$$

$$R_S = R^*_S + R_v + (R_1 \parallel R_2). \quad (8)$$

Máme možnost volit jeden ze tří odporů R_1, R_2 a R_S , zbývající dva pak vypočítáme z (6) a (8). Výhodné je volit poměrně „tvrdý“ dělič R_1, R_2 s co nejmenším odporem R_1 , aby odpor $R^*_S + R_v$ byl co největší. Získáme tím velkou rezervu pro výběr vhodného měřidla. Dělič R_1 a R_2 však nesmí přetížit zdroj referenčního napětí:

$$\frac{U_{\text{ref}}}{R_1 + R_2} + \frac{U_{\text{ref}}}{R_3 + R_4} \leq I_{\text{refmax}} = 15 \text{ mA}. \quad (9)$$

Příklad návrhu

Požadováno je navrhnout měřidlo teploty v rozsahu 0 až 100 °C. Jako teplotního čidla bude užito přechodu báze–emitor tranzistoru KC507, použité měřidlo má tyto parametry: $I_M = 0,5 \text{ mA}$, $R_v = 200 \Omega$, a stupnice má 100 dílků.

Proud přechodu báze–emitor volíme $I = 0,85 \text{ mA}$ – viz (1); měřením při dvou teplotách bylo pomocí vztahu (2) zjištěno, že pro daný proud I_d je koeficient $k = -1,88 \text{ mV/}^\circ\text{C}$ a napětí na přechodu při $t_{\min} = 0^\circ\text{C}$ je 735 mV (známe-li napětí U_d při jiné teplotě, lze jej pomocí k přepočítat pro t_{\min}). Odporové děliče volíme takto:

$$R = R_1 + R_2 = 900 \Omega; \quad R_3 = 2,2 \text{ k}\Omega; \\ R_4 = 6,2 \text{ k}\Omega;$$

pak vzhledem k (3) a (5):

$$U_3 = 7,15 \cdot 6,2 / 8,4 = 5,28 \text{ V};$$

$$R_d = U_2 / I_d = U_3 / I_d = 6,2 \text{ k}\Omega,$$

takže je splněna podmínka (2):

$$U_{\text{ref}} > U_3 + U_d(0^\circ\text{C}) = 5,28 + 0,736 = 6,016 \text{ V} = U_{N0}.$$

Dále pak podle (6):

$$R_2 = \frac{U_{N0}}{U_{\text{ref}}} \cdot R = 757 \Omega; \quad R_1 = R - R_2 = \\ = 143 \Omega; \quad R_p = R_1 \parallel R_2 = 120 \Omega;$$

Sériový odpor R^*_S zjistíme ze vztahu (7) a (8):

$$R_S = \frac{\Delta U_{d\max}}{I_M} = \frac{1,88 \cdot 100 \cdot 10^{-3}}{0,5 \cdot 10^{-3}} = 376 \Omega;$$

$$R^*_S = R_S - R_v - (R_1 \parallel R_2) = \\ = 376 - 200 - 120 = 56 \Omega;$$

Kontrolou podmínky (9) zjistíme, že i ta je splněna. Odpor se přesně nastaví trimry P1 a P2.

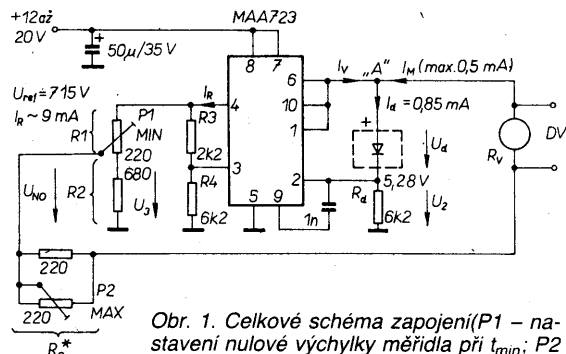
Praktická kalibrace je velmi jednoduchá: při obou krajních teplotách, v našem případě při 0 °C a 100 °C. Trimrem P1 nastavíme při 0 °C nulovou výchylku měřidla; při 100 °C maximální výchylku trimrem P2.

Přepólujeme-li měřidlo, lze se stejnými hodnotami součástek měřit rovněž v rozsahu 0 až – 100 °C, protože je i v tomto případě splněna podmínka (2):

$$U_{\text{ref}} > 5,28 + 0,736 + (-1,88)(-100) \cdot 10^{-3} = 6,204 \text{ V};$$

Dochází-li vlivem určité nelinearity přechodu polovodiče ke značnému rozdílu výchylek v rozsazích 0 až 100 °C a 0 až – 100 °C, je vhodné použít další potenciometr P2, kterým při měření záporných teplot nastavíme maximální výchylku měřidla pro – 100 °C. Je patrné, že nás nemusí zajímat přesné hodnoty k a $U_d(0^\circ\text{C})$; pro samotný návrh součástek postačí pouze přibližný odhad nebo jednoduché orientační měření při dvou teplotách. Namísto měřidla lze zapojit „přesný“ rezistor o vhodném odporu tak, že protékajícím proudem I_M na něm vznikne napětí, které číselně odpovídá měřené teplotě. Při jeho měření digitálním voltmetrem pak můžeme přímo číst teplotu: například v našem případě je to 200 Ω, což je právě vnitřní odpor měřidla R_v ($200 \cdot 0,5 = 100 \text{ mV}$).

Rozsahy měřených teplot nemusí vždy začínat od 0 °C, ale od jakékoliv jiné teploty. Např. lze navrhnout měření v jednom rozsahu – 50 °C až + 150 °C, při němž je nulová výchylka měřidla – 50 °C. Je pouze zapotřebí, aby použité měřidlo mělo v tomto rozsahu



cechování stupnici (uvedené zapojení umožní nastavit nulovou výchylku měřidla v rozmezí počátečních teplot -200 až 100 °C se změnou teplot alespoň 100 °C, tzn., že celkový obor teplot je od -200 °C do $+200$ °C).

Na obr. 2 je uvedena jednodušší modifikace původního zapojení, pro jehož návrh je užito vztahů:

$$U_3 = U_2 = U_{ref} - U_d(t_{min}); \quad (10)$$

$$I_d = \frac{U_d}{R_d} > I_M; \quad (11)$$

$$R_s = \frac{k(t_{max} - t_{min})}{I_M} \cdot U_M; \quad U_M = R_v I_M. \quad (12)$$

Budeme-li měřit záporné teploty (< 0 °C) s přepólováním měřidla, je nutné splnit ještě podmínku.

$$I_o = \frac{U_{ref}}{R_c} > I_M, \quad (13)$$

$$\text{kte } R_c = R_1 + R_2;$$

$$\frac{R_1}{R_c} = \frac{U_d(t_{min})}{U_{ref}}$$

V tomto případě totiž protéká proud I_M opačným směrem a zmenšuje zatížení zdroje referenčního napětí děličem R_1 a R_2 .

Pro původní zadání rozsahu měření teploty 0 až ± 100 °C lze ze vztahů (10) až (13) zjistit tyto údaje součástek:

$$U_3 = U_2 = 7,15 - 0,736 = 6,414 \text{ V};$$

$$R_d = \frac{6,414}{0,85} = 7,55 \text{ k}\Omega;$$

$$R_s = \frac{188 - 100}{0,55} = 176 \Omega;$$

$$I_o = \frac{7,15}{2,2 + 0,47} = 2,68 \text{ mA};$$

$$R_1 = \frac{0,736}{7,15} \cdot 2,67 = 275 \Omega.$$

Není třeba zdůrazňovat, že s citlivějšími měřidly lze navrhnout měření v podstatně menším oboru teplot.

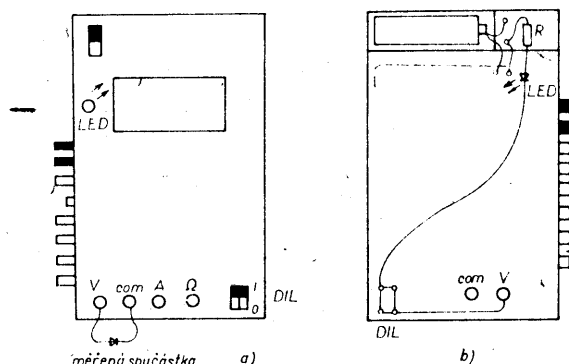
Zdokonalení multimetru DMM2003

Richard Palát

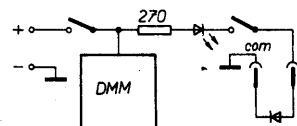
Stal jsem se majitelem digitálního multimetru DMM 2003. Hlavní nevýhodou přístroje je jeho neschopnost měřit polovodičové přechody. Malou úpravou jsem tento nedostatek odstranil.

Úprava spočívá v připojení diody LED mezi kladnou svorku baterie a svorku pro měření napětí a v doplnění přístroje jedním

spínačem DIL. Měření s takto upraveným přístrojem je jednoduché. Přístroj přepneme na měření napětí a sepneme kontakty spína-



Obr. 1.
Provedená úprava:
při pohledu na panel (a)
a při pohledu zevnitř (b)



Obr. 2. Schéma zapojení.

če DIL. Na displeji se nám podle toho, jaká LED je použita a jaký měřicí rozsah je nastaven, zobrazí úbytek napětí na diodě LED. Měřený přechod připojíme mezi svorku V a COM. Je-li přechod otevřen, rozsvítí se indikační LED a na displeji se zobrazí úbytek napětí na něm. Nemá-li být otevřen, dioda nesvítí a na displeji je zobrazen pouze úbytek napětí na LED. Při zjišťování polarity vycházíme z toho, že na svorce V přístroje je kladné napětí a na COM napětí záporné. Jedinou nevýhodou této úpravy je, že se zvětší již tak přemnožený počet ovládacích prvků. Jestliže chceme změřit otevřací napětí přechodu přesně, před připojením zkratujeme měřicí vodiče a na displeji přečteme úbytek napětí na nich. Ten po ukončení měření odečteme od změřeného otevřacího napětí.

Upozornění: Při přechodu od měření polovodičů k měření napětí nesmíme zapomenout vypnout spínač DIL!

Nelineární „lineární“ usměrňovače

Jiří Mičoch

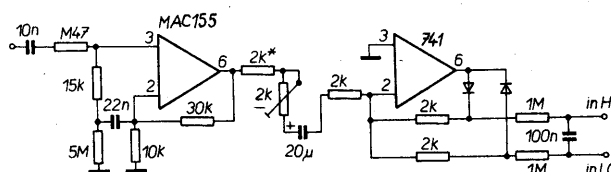
V řadě konstrukcí digitálních měřicích přístrojů, publikovaných na stránkách AR, je používán lineární usměrňovač. Jedná se o modifikaci doporučeného zapojení z instrukční knížky, dodávané výrobním závodem ke stavebnici ADM.

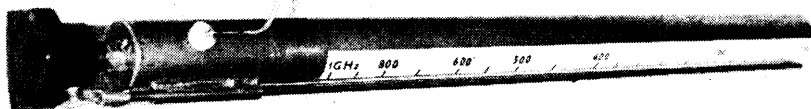
Tento usměrňovač je však značně nelineární i při použití vybraných diod s ostrým kolénem voltampérové charakteristiky. Např. na rozsahu 2000 V ukáže přístroj síťové napětí pouze 160 až 175 V.

Je nutné posunout pracovní bod diod z oblasti kolena voltampérové charakteristiky. Zvýšit napětí na výstupu OZ není možné, kladná napájecí větev převodníku má napětí pouze $2,8$ V. Zbývá tedy

zvětšit proud zmenšením odporů v obvodu zpětné vazby asi na desetinu původní hodnoty.

Obr. 1. Zapojení s obvodem zpětné vazby bez kondenzátorů





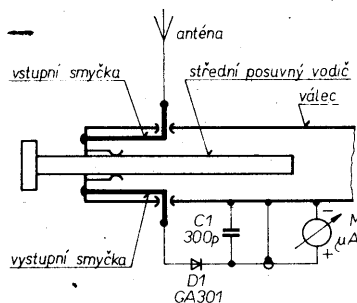
Souosý – koaxiální – vlnoměr

Bohumil Novotný

Jednoduchá, převážně mechanická konstrukce je jednou z hlavních předností popisovaného přípravku, kterým lze pohodově a nezávisle na napájecím napětí měřit délku vlny nebo přímo kmitočet v rozsahu 250 až 1000 MHz.

Popis činnosti

Vlnoměr (schéma je na obr. 1) pracuje na principu laděného souosého vedení. V dutině válce vlnoměru je posuvně umístěn střední vodič a vstupní i výstupní vazební smyčky. Od elektrické délky pro $\lambda/4$ středního vodiče je odvozena rezonance.



Obr. 1. Schéma zapojení vlnoměru

Signál, jehož kmitočet chceme měřit, je snímán malou anténou, která je spojena se vstupní vazební smyčkou. Odpovídá-li délka středního vodiče rezonančním poměrům pro budící kmitočet, indukuje se na výstupní smyčku v napětí, které je po detekci diodou D1 indikováno měřidlem M.

Elektrická délka středního vodiče pro čtvrtinu vlnové délky měřeného kmitočtu se od mechanické délky liší; odchylka je charakterizována činitelem zkrácení, který je dán konstrukčním provedením, kapacitou a indukčností vazebních smyček.

K usměrnění je použita vysokofrekvenční dioda GA301. Filtraci zajišťuje bezindukční kondenzátor o kapacitě asi 300 pF společně s kapacitou stíněného kabelu, vedoucího k indikátoru. Indikátor pro jednoduchost není do vlnoměru vestavěn. Zastupuje ho libovolné univerzální stejnosměrné měřidlo s citlivostí asi 200 μ A.

Vlnoměr lze kalibrovat dvojím způsobem. První metoda, snadnější a také přesnější, je postupně přeladovat laboratorní generátor po zvolených kmitočtech budoucí kmitočtové stupnice. Posouváním pístu vlnoměru jsou vyhledávány maximální výchylky indi-

kátoru a na vnější části válce vyznačovány dílky stupnice, odpovídající postavení posuvného ukazatele.

Druhá metoda vychází z výpočtu rezonančních délek l (ode dna válce), odvozených z přepočtu kmitočtu f na délku čtvrtiny.

$$l = \frac{300\,000}{4f} k \text{ mm, MHz,}$$

kde k je činitel zkrácení (asi 0,95 až 0,98).

Je výhodné upevnit na válec kromě kmitočtové stupnice také stupnici délkovou (milimetrovou). Ze vzdálenosti dvou maxim lze například změřit absolutní hodnotu délky půl vlny $\lambda/2$ a z té zpětně vypočítat měřený kmitočet:

$$f = \frac{1,5 \cdot 10^8}{\lambda/2} \text{ MHz, mm.}$$

Při měření se konec antény přiblíží těsně k měřenému objektu. Střední vodič se pak posouvá tak dlouho, až je patrná výchylka indikátoru, označující místo rezonance. Citlivost se přitom ovlivňuje oddalováním nebo přibližováním antény. Anténa vlnoměru by měla mít stále přibližně stejnou délku. Délka antény má do jisté míry vliv na činitel zkrácení.

Mechanická konstrukce (obr. 2)

Těleso válce vlnoměru je zhotoveno z mosazné tenkostěnné trubky (díl 1). Ta je nejprve zarovnána na požadovaný rozměr, pak jsou vyvrtány otvory pro teflonové průchodky smyček, nakonec je trubka na povrchu i uvnitř řádně očistěna a odmaštěna.

Jednotlivé díly jsou na ni pájeny za současného předehřívání na přiměřeně rozehřátém vařiči. Postupně jsou pájením upevněna čela krytu (díl 2), vodičko ukazatele (díl 3), ve svěráku jsou nalisovány průchodky smyček (díl 4), pak ztvarovány a provlečeny smyčky a jako poslední je připájeno dno (díl 5) včetně konců smyček. Smyčky jsou z měděného stříbřeného drátu o \varnothing 1,5 mm. Po spojení dna s válcem se smyčky nesmějí dotýkat kleštiny ani středního posuvného vodiče.

Dioda a vstupní anténa jsou zasazeny do zdířek, které lze získat např. ze starších objímek pro elektronky nebo z konektorů. Kondenzátor je proveden jako izolovaná, uzavřená (bez mezery!) sešroubovaná objímka trubky vlnoměru (díl 6). Na jednom okraji objímky je připájena zdířka diody a pod šroubem je pájecí očko pro výstupní kabel.

Důvodem k tomuto uspořádání byla snaha obejít se bez pájení při instalaci „bezvývodového“ kondenzátoru a také pro případ výměny v diody. Objímka kondenzátoru je z bronzo-ového nebo mosazného plechu tloušťky asi 0,15 mm. Jako dielektrikum může být použita plastová izolační fólie (Makrofol, Melinex) tloušťky asi 0,04 mm, používaná k prokládání při vinutí transformátoru, nebo fólie z rozvinutého kondenzátoru s dielektrikem z umělé hmoty. Vnější část kondenzátoru je izolována např. izolepou.

Nejpracnější částí je dno válce (díl 5) s kleštinovým kontaktem pro posuvné spojení se středním vodičem. Kontaktní část je rozříznuta lupenkovou pilkou na několik dílů a sevřena jedním až dvěma závitů pružiny, uložené do žlábků na obvodu.

Výstupní kabel je provlečen čelem krytu a mechanicky upevněn sevřením stínění pod matkou a podložkou šroubu k čelu krytu.

Ukazatel (díl 7) na jedné straně prochází vodičkem, upevněným na boku vlnoměru, na druhé straně je připájen do kabelového oka.

Střední vodič vlnoměru (díl 8) je z mosazné kulatiny o \varnothing 6 mm. Na jedné straně, uvnitř trubky, je upevněn k pístu (díl 9) z teflonu nebo organického skla (Umaplex) a na druhé straně je sevřen jedním „červíkem“ do staršího strojového knoflíku výroby TESLA. Pod druhým šroubem knoflíku je upevněno kabelové oko posuvného ukazatele.

Anténu tvoří holý měděný (stříbřený) drát o \varnothing 1 až 1,5 mm délky asi 85 mm, zakončený kuličkou pro zasunutí do vstupní zdířky.

Kryt (díl 10) je přišroubován z boku k čelům čtyřmi šrouby M2. Po stranách krytu je vybrání, aby nebyl zkratován kondenzátor ve tvaru objímky.

Stupnice jsou z papíru a jsou přilepeny na plášť trubky vlnoměru. Ke zhotovení milimetrové stupnice lze využít část papírového milimetrového měřítka. Na volném konci posuvného ukazatele je vypilována ryska, vyplněná barvou, nebo na něj může být navlečen a nalepen proužek „bužírky“.

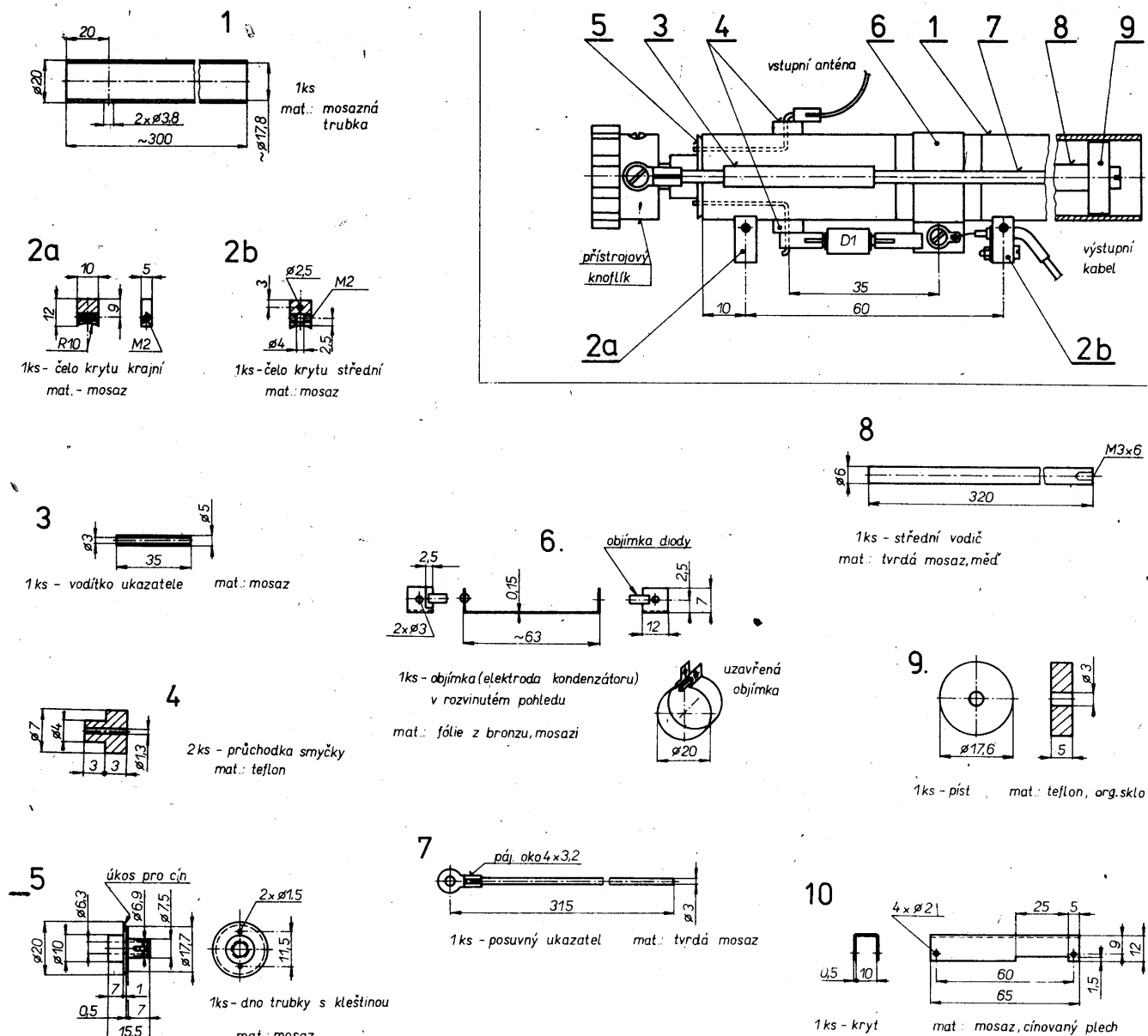
Zjednodušení konstrukce

Mechanickou konstrukci lze zjednodušit tím, že se vypustí čela krytu a ten se na čtyřech místech připájí přímo k trubce. Stínění výstupního kabelu lze pájet rovněž přímo na trubku vlnoměru. Vysokofrekvenční diodu lze zkusmo nahradit perspektivnějším typem (např. Schottkyho diodou KAS...) a kondenzátor použít buď diskový nebo průchodkový.

Závěr

Délka vlnoměru byla stanovena z požadovaného nejnižšího kmitočtu asi 250 MHz. Tím jeho rozsah volně navazuje na rozsah továrního měřiče rezonance TESLA BM 342, který pracuje do kmitočtu 250 MHz.

Vlnoměr byl původně zhotoven pro orientační měření, potřebné při ožiování rozmiřtaného generátoru.



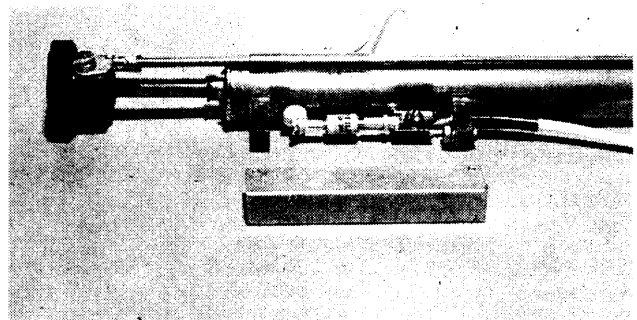
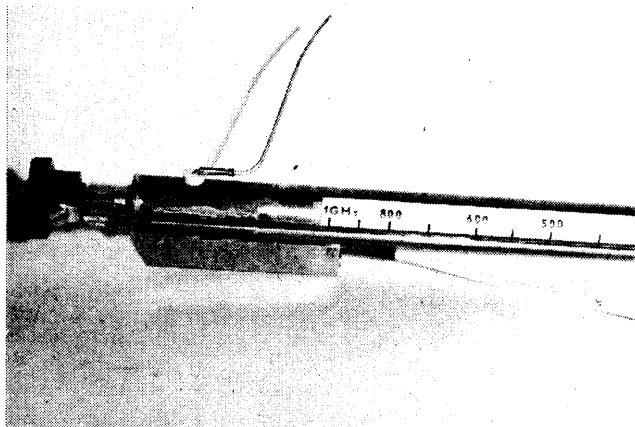
Obr. 2. Sestava a jednotlivé díly vlnoměru

Lze jej však využít i pro jiná měření. Příkladem může být kontrola a nastavení oscilátoru voliče UHF v televizních přijímačích. Změnou mechanických rozměrů by bylo možno dosáhnout jiného kmitočtového rozsahu a tím přizpůsobit přípravek individuálním požadavkům. K dosažení nižšího kmitočtu také

stačí vložit mezi střední vodič a píst kovový váleček s průměrem jen o něco menším, než je vnitřní průměr trubky. Nedoporučuje se však překračovat poměr přeladění 1:6. Pro zvětšení citlivosti se osvědčilo použít stejnosměrný indikátor s větším vstupním odporem a rozsahem aspoň 100 mV.

Literatura

- 1) Hušek, J.; Houska, V.: Jednoduchý vlnoměr pro VKV. Amatérské radio řady A, č. 6/1956, s. 178, 179.
- 2) Strouhal, M.: Čtvrtvlnný koaxiální vlnoměr. Radioamatérský zpravodaj č. 2/1988, s. 5 až 14.



Obr. 3, 4. K mechanické konstrukci vlnoměru

Značkováč pro rozmítaný generátor

Ing. Václav Bek

Tento značkovac pracuje na jiném principu než je obvyklé, na obrazovce je pouze jedna plynule posouvateľná značka. Jí odpovídající kmitoče čteme na stupnici potenciometru. Kmitočtová přesnost značky je sice menší, než u značkovacích pracujících s krystalovým oscilátorem, dodržíme-li však zásady popsané v článku, bude přesnost měření dostatečná. Při mimořádných požadavcích na přesnost lze indikovat kmitoče, odpovídající poloze značky, měřičem kmitočtu. Výhodou tohoto značkovace je snadná orientace na kmitočtové ose zobrazeného průběhu.

Popis zapojení značkovače

Chceme-li popisovaný značkovac použív, musíme blokové schéma rozmitaného generátoru upravit podle obr. 1. Blok „O“ zahrnuje v oscilátor (jehož kmitočet rozmitáme) a případné oddělovací stupně s v děličem. Obvody bloku „O“ nejsou předmětem tohoto článku, proto zde pouze poznamám, že lze použít např. zapojení, popsaná v [1] a [2] (v zapojení podle [2] však musíme vypustit proměnný kondenzátor C1). Je-li přepínač P1 v poloze „G“, pracuje přístroj jako v generátor, jehož kmitočet je určen napětím na běžci potenciometru P1. Nastavený kmitočet lze přečíst na stupnici pod knoflíkem potenciometru P1. Je-li přepínač P1 v poloze „W“, pracuje přístroj jako rozmitač. Blok „R“ je zdrojem rozmitacího napětí. Blok „Z“ představuje popisovaný značkovac.

Jeho schéma je na obr. 2. Na invertující vstup operačního zesilovače IO1, pracujícího jako komparátor, přivádíme napětí U_L z běžce potenciometru P1; na neinvertující vstup IO1 přivádíme rozmitací napětí U_R . Časový diagram na obr. 4 ukazuje, že je-li napětí na obou vstupech komparátoru rozdílné, je na jeho výstupu (bod A) napětí buď přibližně rovné napájecímu napětí, nebo napětí přibližně nulové. Výstupní napětí komparátoru se mění v okamžiku, kdy je napětí na obou jeho vstupech stejné ($U_L = U_R$). V tom případě souhlasí okamžitá hodnota kmitočtu rozmitaného generátoru s údajem na stupnici potenciometru P1. Výstupní impulsy komparátoru derivujeme členem C2R3 (průběh B) a impulsy kladné polarity vedeme přes diodu D1 na vstup operačního zesilovače IO2, pracujícího jako tvorač značek. Jako IO1 použijeme OZ typu MAA748 s velmi malou kompenzační kapacitou (C1), aby výstupní impulsy komparátoru (průběh A) měly dostatečně strmé hrany. Šířka značky je určena časovou konstantou derivačního členu C2R3 a předpětím neinvertujícího vstupu operačního zesilovače IO2. Amplitudu značky řídíme potenciometrem P2 na výstupu značkovace. Rezistory R7 a R8 umožňují sečíst výstupní signál měřeného objektu (popř. vř sondy), se signálem značkovace.

Z uvedeného popisu vyplývá, že na kmitočtovou přesnost značek působí nejvíce tyto vlivy: kmitočtová stabilita vf oscilátoru rozmitaného generátoru, stabilita napájecího napětí pro varikap (U_L), přesnost provedení stupnice potenciometru P1. Proto pro rozmitaný generátor vybereme stabilní typ oscilátoru, napájecí zdroj pro varikap nezátežujeme odběrem dalších obvodů (bloky „Z“ a „R“ napájíme z jiného zdroje), rozsah předladitelnosti nevolíme zbytečně větší, než předpokládáme využít. V úvodu bylo řečeno, že při požadavku velké přesnosti měření lze uvedené vlivy zcela vyloučit. Za-

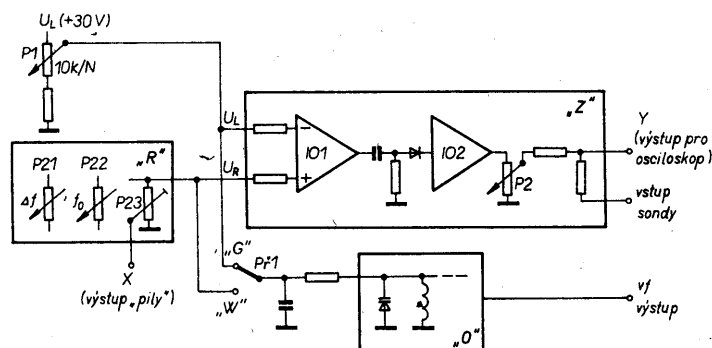
„pojíme-li přesný měřič kmitočtu na vf výstup rozmitaného generátoru, můžeme po přepnutí Př1 do polohy „G“ přečíst na měřiči kmitočtu údaj, odpovídající nastavené poloze značky. Značkováč tak umožňuje zjistit přesný kmitočet, odpovídající kterémukoliv bodu zobrazeného průběhu.

Zdroj rozmítacího napětí

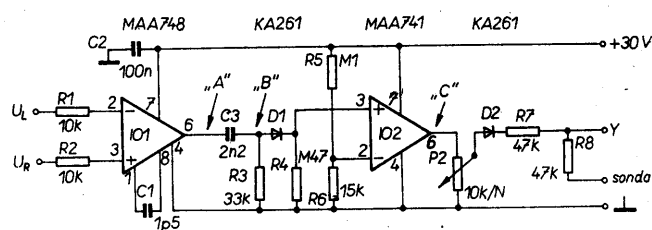
Krátce popiši i jednoduché a přitom zcela vyhovující řešení zdroje rozmitacího napětí (blok „R“). Jeho schéma je na obr. 3. Kondenzátor C21 se nabíjí ze zdroje přes rezistor R23. Když napětí mezi elektrodami kondenzátoru dosáhne přibližně 6 V, tranzistory

Montáž a oživení obou bloků

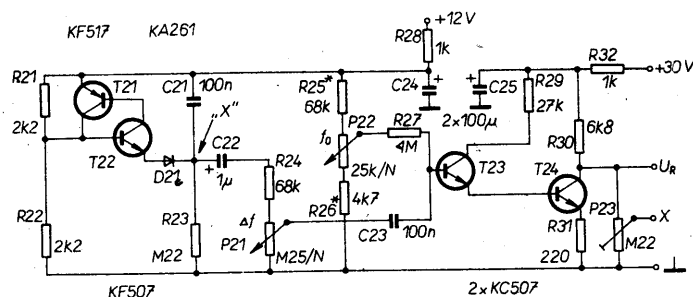
Montáž značkováče do rozmitaného generátoru doporučuji provést až po dokončení a předběžném nastavení ostatních částí přístroje. Použijeme-li jako zdroj rozmitacího napětí zapojení podle obr. 3 (vykres desky s plošnými spoji je na obr. 5, rozmistění součástek na této desce uvádí obr. 7), pak nejprve zkontrolujeme osciloskopem napětí v bodě „X“. Musí exponenciálně klesat z 12 V na 6 V, opětný vzrůst na 12 V musí být velice rychlý (odpovídá zpětnému běhu paprsku na stínítku osciloskopu). Perioda tohoto signálu má být přibližně 15 ms. Potom běžec potenciometru P21 vytočíme na nulové výstupní napětí (zcela vlevo) a otáče-



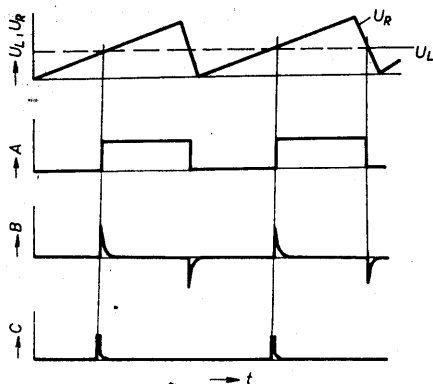
Obr. 1. Blokové schéma rozmlítače s popisovaným značkovačem



Obr. 2. Schéma zapojení značkovače



Obr. 3. Schéma zapojení zdroje rozmitacího napětí



Obr. 4. Časový diagram funkce značkovače

ním běžce potenciometru P22 z jedné krajní polohy do druhé se musí napětí na kolektoru T24 měnit ve stejném rozsahu, jako ladící napětí U_L na běžci potenciometru P1. Při-

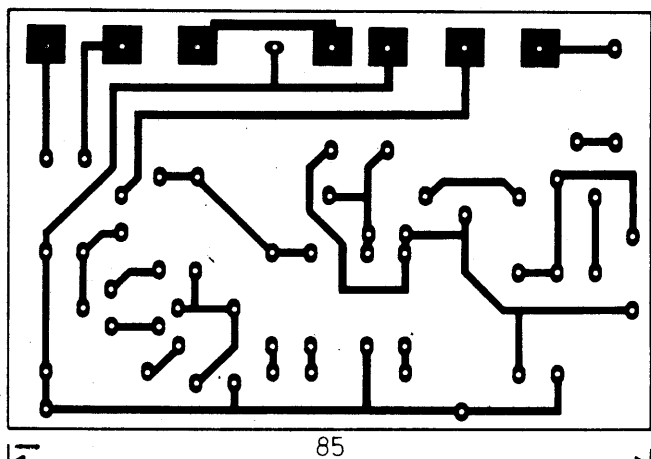
padné odchylky odstraníme změnou odporu rezistoru R25 či R26. Vhodným nastavením polohy běžců potenciometrů P21 a P22 musíme dosáhnout rozkmit „pily“ přes celý rozsah napájecího napětí. Zjištěné polohy běžců potenciometrů doporučuji na panelu přístroje označit.

Výkres desky s plošnými spoji značkovače je na obr. 6, rozložení součástek na desce značkovače je na obr. 8. Po připojení značkovače do přístroje zkontrolujeme osciloskopem průběhy napětí v bodech A, B, C a porovnáme s obr. 4. Průběh A musí být bez zákmitů, jinak je třeba zvětšit kapacitu kondenzátoru C1. Potom na vstup horizontálního zesilovače osciloskopu přivedeme signál ze svorky X a vstup vertikálního zesilovače připojíme na katodu diody D1 značkovače. Značka, zobrazená na stínítku obrazovky, musí mít tvar uvedený na obr. 4 (průběh B). Je-li stranově (zrcadlově) převrácená, znamená to, že horizontální zesilovač osciloskopu obrací fázi signálu. V tom přípa-

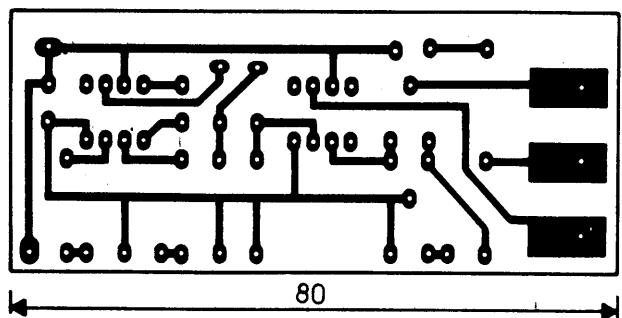
dě nebude kmitočet nastavený potenciometrem P1 indikovat vzestupná hrana značky, ale sestupná, neboť paprsek se pohybuje zprava doleva. Zobrazí-li se na stínítku obrazovky značka umístěná na začátku či na konci průběhu, a nelze-li ji posouvat, znamená to, že jsme vzájemně prohodili přívody ke vstupům komparátoru (U_L a U_R). Vysazuje-li značka u konce rozsahu, nemá signál na výstupu komparátoru dostatečně strmé hrany (závisí na zesílení IO1 a kapacitě C1). Pomůže zmenšit odpor rezistoru R6. Tím je nastavení obvodů skončeno, vertikální vstup osciloskopu připojíme na svorku Y a můžeme začít měřit.

Literatura

- [1] Horáček, M.: Vysokofrekvenční rozmitaný generátor. Konstrukční příloha časopisu AR 1982, s. 75.
- [2] Otlich, L.: Jednoduchý rozmitač. AR č. 6/73, s. 227.



Obr. 5. Deska Z 702 s plošnými spoji zdroje rozmitacího napětí



Obr. 6. Deska Z 703 s plošnými spoji značkovače

Seznam součástek

Značkovač

Rezistory (typ TR 151):

R1, R2	10 kΩ
R3	33 kΩ
R4	0,47 MΩ
R5	0,1 MΩ
R6	15 kΩ
R7, R8	47 kΩ
(P1), P2	potenciometr 10 kΩ, lineární, TP280

Kondenzátory (keramické):

C1	1,5 pF (viz text)
C2	100 nF

Polovodičové součástky:

IO1	MAA748
IO2	MAA741
D1, D2	KA261

Zdroj rozmitacího napětí

Rezistory (typ TR 151):

R21, R22	2,2 kΩ
R23	0,22 MΩ

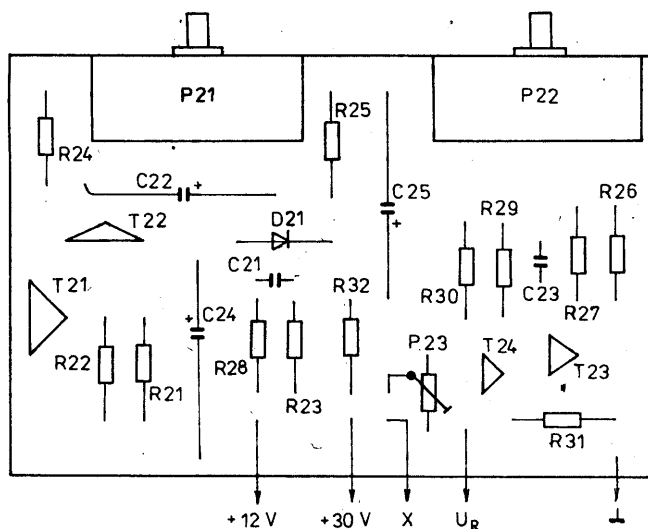
R24, R25	68 kΩ
R26	4,7 kΩ
R27	1 MΩ
R28, R32	1 kΩ
R29	27 kΩ
R30	6,8 kΩ
P21	potenciometr 0,25 MΩ, lineární, TP 280
P22	potenciometr 25 kΩ, lineární, TP 280
P23	trimr 0,25 MΩ, TP 040

Kondenzátory:

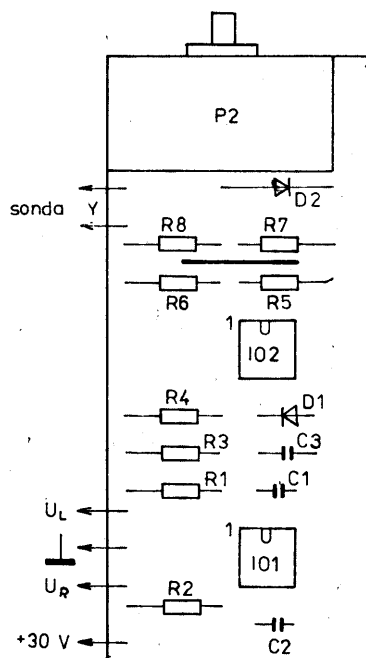
C21, C23	100 nF/40 V, keramický
C22	1 μF/70 V
C24	100 μF/25 V
C25	100 μF/40 V

Polovodičové součástky:

T21	KF517
T22	KF507
T23, T24	KC507
D1	KA261



Obr. 7. Rozložení součástek na desce z obr. 5



Obr. 8. Rozložení součástek na desce z obr. 6

Když se řekne operační zesilovač

Ing. Josef Punčochář

Operační zesilovače dnes patří v elektronických obvodech k nejpoužívanějším. Tento článek je psán co nejsrozumitelnější formou, aby pomohl i méně zkušeným amatérům přiblížit a objasnit okruh otázek, které souvisejí s použitím operačních zesilovačů v elektronických obvodech.

Proč operační zesilovač

Když se řekne operační zesilovač, představte si značku na obr. 1, která se používá pro jeho znázornění ve schématech (symbolická značka). Je to značka pro nejčastěji používaný **rozdílový** (diferenční) **operační zesilovač**. Operační se mu říká proto, že původně byl určen k vytváření matematických operací.

První operační zesilovač s elektronkami zkonstruoval již v roce 1938 G. A. Philbrick. Elektronky byly později nahrazeny tranzistory a polovodičovými diodami. Zdokonalení výrobních postupů umožnilo vyrábět všechny potřebné součástky na jedné polovodičové destičce – vznikly integrované obvody. V roce 1965 tvoří operační zesilovače více než polovinu vyráběných lineárních obvodů – to je obvodů, které zpracovávají spojitě (analogové) signály. Stávají se základním obvodovým prvkem. „Dovedou“ sečítat, odečítat, měnit znaménko, vytvářet různé časové průběhy: V nečíslicových (analogových) elektronických systémech má operační zesilovač stejně významnou roli jako mikroprocesor v systémech číslicových.

Rozdílový operační zesilovač

Rozdílový operační zesilovač (obr. 1) má:

- kladný (neinvertující) vstup
 - záporný (invertující) vstup
 - výstup
 - dva napájecí vývody, (které se ve schématech většinou nekreslí)
 - všechny signály (napětí) vztažené vůči zemní svorce, kterou tvoří nejčastěji společný bod napájecích zdrojů (U_{cc+} , U_{cc-}).
- Rozdílový zesilovač zesiluje pouze rozdíl napětí u_d mezi kladným a záporným vstupem. Platí

$$u_d = u_+ - u_-$$

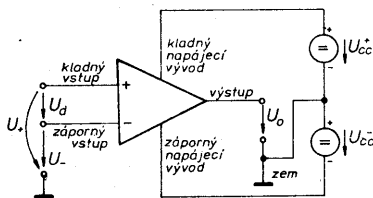
Pro výstupní napětí u_o platí vztah

$$u_o = A u_d$$

A je zesílení operačního zesilovače.

Vztah platí pouze pro výstupní napětí, která jsou menší než napájecí napětí.

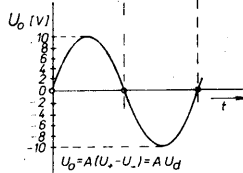
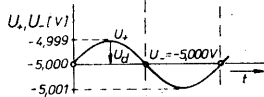
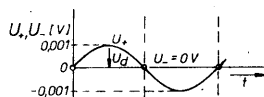
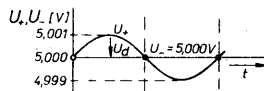
Spojíme-li kladný a záporný vstup, je $u_+ = u_-$, rozdíl napětí u_d je nulový a výstupní napětí je také nulové, bez ohledu na velikost u_+ .



Obr. 1. Symbolická značka rozdílového operačního zesilovače

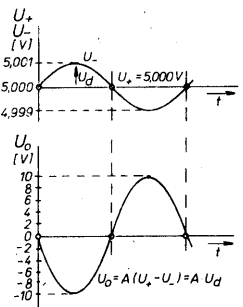
Funkce kladného vstupu je znázorněna na obr. 2. Napětí u_- na záporném vstupu je stále (neměnné, konstantní), napětí u_+ na kladném vstupu se mění. Růstu napětí na kladném vstupu odpovídá růst napětí na výstupu (vstupní a výstupní napětí jsou ve fázi, vstup neobrací – neinvertuje – fázi napětí). Všem znázorněným možnostem na vstupu odpovídá stejné výstupní napětí, protože rozdíl napětí $u_d = u_+ - u_-$ je vždy stejný (sinusovka s amplitudou 1 mV). Protože na výstupu je amplituda (maximální hodnota) rovna 10 V, má zesilovač pracující podle obr. 2 zesílení

$$A = u_o / u_d = 10 \text{ V} / 1 \text{ mV} = 10\,000.$$



Obr. 2. Znázornění funkce kladného vstupu

Funkce záporného vstupu je znázorněna na obr. 3. Napětí u_+ na kladném vstupu je konstantní, napětí u_- na záporném vstupu se mění. Růstu napětí na záporném vstupu odpovídá pokles napětí na výstupu (vstupní a výstupní napětí mají opačnou fázi, vstup obrací – invertuje – fázi).



Obr. 3. Znázornění funkce záporného vstupu

Ideální operační zesilovač

Běžné operační zesilovače mají zesílení $A = 20\,000$ až $2\,000\,000$. Znamená to, že pro výstupní napětí 10 V mezi kladným a záporným vstupem napětí $u_d = 10 \text{ V} / (2\,000\,000 \text{ až } 20\,000) = 5 \text{ } \mu\text{V}$ až $500 \text{ } \mu\text{V}$. V praxi to většinou znamená, že rozdílové napětí u_d považujeme za nulové pro jakékoliv výstupní napětí u_o . Jak se ukáže později, je tato úvaha velmi důležitá. Podmínku $u_d = 0$ se snažíme zajistit za všech okolností. Vede to k požadavku, aby zesílení **ideálního operačního zesilovače** bylo **nekonečně velké** (u reálného co největší).

Pokud nemá ideální operační zesilovač nijak ovlivňovat okolní obvody, musí být **vstupní proudy** kladného i záporného vstupu nulové (pro reálný zesilovač co nejmenší). Nulovým vstupním proudům odpovídají nekonečně velké vstupní odpory.

Zesílení ideálního operačního zesilovače musí být **nezávislé na velikosti výstupního proudu** (zatěžovacího odporu). Jestliže se výstupní napětí nemění se změnou proudu, říkáme, že výstupní odpor zesilovače R_o je nulový.

Ideální operační zesilovač má:

- nekonečně velké zesílení A (nulové rozdílové napětí u_d),
- nekonečně velké vstupní odpory (nulové vstupní proudy),
- nulový výstupní odpor (zesílení nezávisí na zátěži).

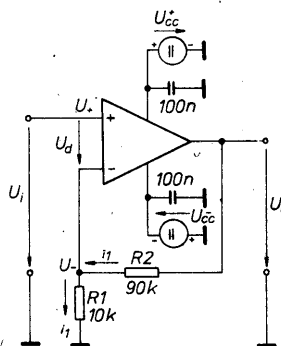
Tyto vlastnosti by měly platit pro všechny kmitočty a pro všechny úrovně vstupních napětí. Skutečný operační zesilovač se k ideálu jenom přibližuje.

Neinvertující zapojení s ideálním OZ

Neinvertující zapojení (neměnicí znaménko) operačního zesilovače je na obr. 4. Vstupní napětí u_i vedeme na kladný vstup operačního zesilovače. Proto platí

$$u_i = u_+$$

Do záporného vstupu je zavedena část výstupního napětí u_o přes odporový dělič R_1 , R_2 . Je to záporná zpětná vazba. Protože do



Obr. 4. Neinvertující zapojení operačního zesilovače se zesílením $A_N = 1 + R_2/R_1 = +10$ (kondenzátory 100 nF jsou zapojeny co nejbližší k operačnímu zesilovači a zabráňují nežádoucím kmitům na frekvencích asi 500 kHz až 3 MHz)

záporného vstupu neteče žádný proud (ideálně), platí, že napětí u_- je určeno pouze děličem:

$$u_- = u_0 R_1 / (R_1 + R_2)$$

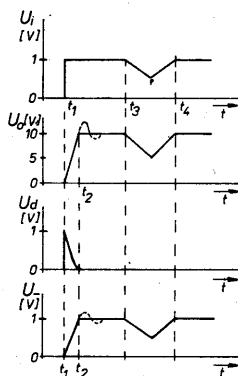
Pro ideální operační zesilovač je rozdílové napětí $u_d = 0$ pro každé výstupní napětí u_0 . Proto platí $u_i = u_+ = u_-$. Odsud

$$u_i = u_0 R_1 / (R_1 + R_2)$$

Zesílení neinvertujícího zesilovače A_N na obr. 4 s ideálním operačním zesilovačem je

$$A_N = u_0 / u_i = 1 + R_2 / R_1$$

Zesílení A_N zapojení na obr. 4 si nesmíme plést se zesílením samotného operačního zesilovače A ; A_N je určeno pouze poměrem rezistorů R_2 a R_1 , ne operačním zesilovačem. Vlastnosti obvodu určují jenom zpětno-vazební odpory, které zavádějí část napětí z výstupu na invertující vstup.



Obr. 5. Chování obvodu na obr. 4. při připojení napětí $u_i = 1$ V v čase t_1 a při změně napětí u_i v čase t_3 až t_4

Jak zpětná vazba funguje? Představte si, že v čase $t = t_1$ připojíme ke kladnému vstupu $u_i = +1$ V – podívej se na obr. 5. Napětí u_- na záporném vstupu je ještě nulové, protože výstupní napětí u skutečných zesilovačů může narůstat jenom s určitou rychlostí. Rozdílové napětí $u_d = u_+ - u_-$ v čase $t = t_1$ je kladné a téměř +1 V. Proto se začne u_0 zvětšovat. Tím se ale začne zvětšovat i napětí u_- a rozdílové napětí u_d se zmenšuje. Záporná zpětná vazba začíná působit proti vstupnímu napětí u_i . Jakmile je v čase $t = t_2$ dosaženo rovnosti $u_+ = u_-$, napětí u_0 se dále nemění. Nárůst napětí u_- nad hodnotu u_+ by vedl k poklesu hodnoty u_0 (a tím i u_-), protože diferenční napětí $u_d = u_+ - u_-$ by bylo příliš malé (až záporné). Přerušovanou čarou je vyznačena situace, kdy se napětí ustálí s malými základy. Časový úsek t_1, t_2 je pro běžné operační zesilovače kratší než 20 μ s. Pro ideální operační zesilovač by měl být nulový. V časovém úseku t_3 až t_4 se pomalu mění vstupní napětí u_i , takže výstupní napětí u_0 stačí sledovat změny. Při nekonečně velkém zesílení operačního zesilovače A zůstává rozdílové napětí stále nulové. Napětí $u_- = u_+ = u_i$.

Při zavedení záporné zpětné vazby platí za běžných podmínek vždy: $u_+ = u_-$. Proto lze i na obr. 4 určit napětí u_0 na výstupu následujícím postupem. Jestliže $u_- = u_+ = u_i$, protéká rezistorem R_1 proud $i_1 = u_i / R_1$. Protože u ideálního zesilovače do záporného vstupu proud neteče, musí celý proud i_1 protékat rezistorem R_2 a vytváří na něm úbytek napětí $R_2 \cdot i_1 = R_2 \cdot u_i / R_1$. Výstupní napětí u_0 je součtem napětí na rezistorech R_2 a R_1 , platí proto:

$$u_0 = u_i + u_i R_2 / R_1$$

Nyní lze opět určit, že zesílení A_N neinvertujícího zesilovače je

$$A_N = u_0 / u_i = 1 + R_2 / R_1$$

Neinvertující zapojení s neideálním OZ

Co se stane, když operační zesilovač na obr. 4 nebude ideální, bude mít konečné

zesílení A (menší než nekonečno). Napětí u_d nebude nulové, bude platit

$$u_d = u_0 / A$$

Napětí u_- záporného vstupu je oproti napětí u_i o hodnotu u_d menší:

$$u_- = u_i - u_d$$

Nyní můžeme určit proud i_1 rezistorem R_1

$$i_1 = u_- / R_1 = (u_i - u_d) / R_1$$

Předpokládáme i zde, že do záporného vstupu operačního zesilovače neteče žádný proud a proto celý proud i_1 prochází rezistorem R_2 .

Úbytek napětí na rezistoru R_2 je

$$R_2 i_1 = (u_i - u_d) R_2 / R_1$$

Výstupní napětí u_0 je součtem napětí u_- na rezistoru R_1 a úbytku napětí na rezistoru R_2 :

$$u_0 = u_- + R_2 i_1$$

Odsud lze určit, že

$$u_0 = u_i - u_d + (u_i - u_d) R_2 / R_1$$

Vidíme, že do vztahu pro výstupní napětí přibyl rozdílové napětí u_d , které je u ideálního operačního zesilovače nulové. Vztah upravíme a pro reálný zesilovač dosadíme $u_d = u_0 / A$, dostáváme:

$$u_0 = u_i (1 + R_2 / R_1) - u_0 (1 + R_2 / R_1) / A$$

$$u_0 \left(1 + \frac{1 + R_2 / R_1}{A} \right) = u_i (1 + R_2 / R_1)$$

Po další úpravě platí

$$u_0 \left| 1 + \frac{1 + R_2 / R_1}{A} \right| = u_i (1 + R_2 / R_1)$$

Zesílení neinvertujícího zapojení s neideálním operačním zesilovačem je

$$A_N = \frac{u_0}{u_i} = \frac{(1 + R_2 / R_1)}{1 + \frac{1 + R_2 / R_1}{A}}$$

Zesílení A_N je nyní ovlivňováno i zesílením neideálního operačního zesilovače A . Člen $(1 + R_2 / R_1)$ určuje ideálně požadované zesílení, člen $1 + (1 + R_2 / R_1) / A$ popisuje chybu, kterou vnáší operační zesilovač.

Příklad 1: V zapojení na obr. 4 je $R_2 = 90$ k Ω a $R_1 = 10$ k Ω . Určete zesílení neinvertujícího zesilovače A_N , je-li zesílení operačního zesilovače: a) $A = \infty$ b) $A = 10^5$ c) $A = 10^3$
Řešení: Zesílení A_N pro zapojení na obr. 4 je

$$A_N = \frac{(1 + 90/10)}{1 + \frac{(1 + 90/10)}{A}} = \frac{10}{1 + 10/A}$$

Pro $A = \infty$ je

$$A_N = \frac{10}{1 + 10/\infty} = 10 \text{ (ideální stav)}$$

Pro $A = 10^5$ je

$$A_N = \frac{10}{1 + 10/10^5} = \frac{10}{1 + 10^{-4}} = 9,999$$

Pro $A = 10^3$ je

$$A_N = \frac{10}{1 + 10/10^3} = \frac{10}{1 + 10^{-2}} = 9,9$$

Příklad 2: V zapojení na obr. 4 je $R_2 = 99$ k Ω a $R_1 = 1$ k Ω . Určete zesílení neinvertujícího zesilovače A_N , je-li zesílení operačního zesilovače: a) $A = \infty$ b) $A = 10^5$ c) $A = 10^3$
Řešení: Zesílení neinvertujícího zapojení podle obr. 4 je

$$A_N = \frac{(1 + 99/1)}{1 + \frac{(1 + 99/1)}{A}} = \frac{100}{1 + 100/A}$$

Pro $A = \infty$ je

$$A_N = 100 / (1 + 100/\infty) = 100 \text{ (ideální stav)}$$

Pro $A = 10^5$ je

$$A_N = 100 / (1 + 100/10^5) = 100 / (1 + 10^{-3}) = 99,9$$

Pro $A = 10^3$ je

$$A_N = 100 / (1 + 100/10^3) = 100 / (1 + 10^{-1}) = 90,9$$

Z příkladů je jasné, že vztah

$$A_N = 1 + R_2 / R_1$$

pro ideální zesílení neinvertujícího zesilovače můžeme používat pouze tehdy, je-li zesílení operačního zesilovače A mnohonásobně větší než poměr rezistorů R_2 / R_1 .

Pro neinvertující zesilovač na obr. 4 můžeme sestavit tabulku 1, ze které můžeme určit chybu, která vzniká při soužití neideálního operačního zesilovače se zesílením A . Přerušovanou čarou je vyznačena oblast zesílení, ve které se od požadovaného ideálního stavu lišíme o méně než jednu setinu (1 %).

Jak ovlivňuje neinvertující zapojení OZ předcházející obvody?

Je-li operační zesilovač ideální, potom nijak. Do kladného vstupu neteče žádný proud. Říkáme, že **vstupní odpor** neinvertujícího zapojení je nekonečně velký. Pro skutečné operační zesilovače je vstupní odpor v neinvertujícím zapojení větší než 100 M Ω a může dosahovat až hodnot 10^{12} Ω . To už záleží na konstrukci použitého operačního zesilovače.

Význam vstupního odporu si předvedeme na příkladu. Představte si, že musíte zesílit +10krát napětí, které získáme na odporovém děliči napětí na obr. 6. Rezistor R_{vst} představuje vstupní odpor operačního zesilovače. Pro ideální operační zesilovač je vstupní proud $i_- = 0$, vstupní odpor $R_{vst} \rightarrow \infty$, napětí u_i je určeno jenom odporem rezistorů R_a, R_b :

$$u_i = u_a R_b / (R_a + R_b)$$

Pro výstupní napětí u_0 platí:

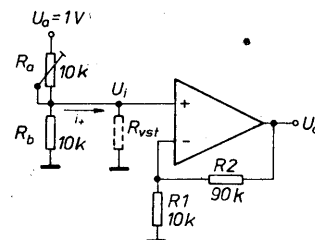
$$u_0 = (1 + R_2 / R_1) u_i = 10 u_i$$

Pro reálné hodnoty vstupního odporu se R_{vst} řadí paralelně k rezistoru R_b a vstupní odpor zmenšuje hodnotu u_i . To je nežádoucí. Proto musí vždy platit, že vstupní odpor R_{vst} je mnohonásobně větší než R_b :

$$R_{vst} \gg R_b$$

Je jasné, že pro $R_a, R_b = 10$ k Ω a $R_{vst} \geq 100$ M Ω je nerovnost splněna. Kdyby rezistor R_b měl hodnotu například 10 M Ω , bylo by vhodné použít operační zesilovač, který má vstupní odpor větší než 1000 M Ω (s tranzistory MOS nebo JFET na vstupu).

To je však v praxi málo běžný případ. Většinou uvažujeme, že neinvertující zesilovač okolní obvody neovlivňuje.



Obr. 6. Zesilování napětí (+10krát) z odporového děliče R_a, R_b ; R_{vst} - zastupuje vstupní odpor zesilovače

Invertující zapojení OZ

Invertující zapojení (měnič znaménko) operačního zesilovače je na obr. 7. Vstupní napětí u_i vedeme přes rezistor R1 na záporný vstup operačního zesilovače. Kladný vstup operačního zesilovače je připojen na zemní svorku. Záporná zpětná vazba je zavedena přes rezistor R2. Pro ideální operační zesilovač je zesílení nekonečné, a proto je napětí u_d nulové pro každé vstupní napětí u_o . Proto je úbytek napětí na rezistoru R1 rovný přímo napětí u_i a proud i_1 rezistorem R1 je

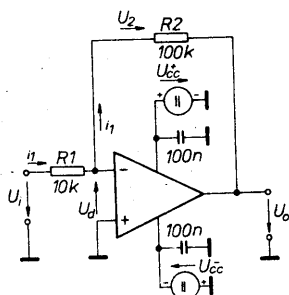
$$i_1 = u_i/R1.$$

Celý proud i_1 prochází rezistorem R2, protože do záporného vstupu ideálního operačního zesilovače žádný proud neteče. Při směru šipek napětí na obrázku a $u_d = 0$ je výstupní napětí u_o rovné záporné vzatému úbytku u_2 na rezistoru R2:

$$u_o = -u_2 = -R2i_1.$$

Nyní lze určit, že

$$u_o = -u_i R2/R1.$$



Obr. 7. Invertující zapojení operačního zesilovače se zesílením $A_{IN} = -R2/R1 = -10$ (kondenzátor 100 nF mají stejný význam jako u obr. 4)

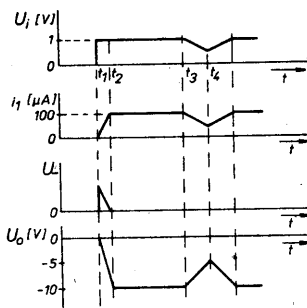
Pro zesílení zapojení na obr. 7 (s ideálním zesilovačem) platí

$$A_{IN} = u_o/u_i = -R2/R1$$

Zesílení je opět určeno pouze zpětnovazebními rezistory, ne vlastnostmi ideálního operačního zesilovače.

Jak funguje záporná zpětná vazba zde? Obdobně jako u neinvertujícího zesilovače. Představte si, že v čase $t = t_1$ připojíme napětí $u_i = +1$ V (obr. 8). Napětí u_o na výstupu je ještě nulové, protože u skutečných operačních zesilovačů může narůstat jen s konečnou rychlostí. Tím se ale na záporném vstupu vytvoří kladné napětí u_d , které „nutí“ výstupní napětí u_o k poklesu. Proto klesá i napětí u_i . Jakmile v čase $t = t_2$ nastává rovnováha $u_d = u_i = 0$, stav se ustálí. Na výstupu je právě takové napětí u_o , aby přes rezistor R2 byl odveden proud i_1 „vnucený“ vstupním napětím u_i rezistoru R1. Zmenšíme-li napětí u_i (t_3), klesá i proud

i_1 . Situace při růstu napětí je znázorněna na obr. 8 v čase t_4 .



Obr. 8. Chování obvodu na obr. 7 při připojení napětí $u_i = 1$ V a při změnách napětí u_i

Není-li operační zesilovač na obr. 7 ideální, je napětí u_d nenulové, odpovídá výstupnímu napětí u_o a zesílení zesilovače

$$u_d = u_o/A.$$

Úbytek napětí na rezistoru R1 je roven součtu napětí u_i a u_d a proto je nyní proud i_1 určen vztahem

$$i_1 = (u_i + u_d)/R1.$$

Tento proud musí opět protékat přes rezistor R2, ale i tady musíme připočítat nenulové napětí u_d . Platí

$$u_o + u_d = -i_1 R2.$$

Proto platí

$$u_o + u_d = -(u_i + u_d) R2/R1.$$

Vztah upravíme

$$u_o + u_d (1 + R2/R1) = -u_i R2/R1,$$

$$u_o + \frac{u_d}{A} (1 + R2/R1) = -u_i R2/R1.$$

Pro zesílení invertujícího zesilovače s neideálním operačním zesilovačem dostaneme

$$A_{IN} = u_o/u_i = -(R2/R1) / [1 + (1 + R2/R1)/A]$$

člen $-(R2/R1)$ určuje ideálně požadované zesílení invertujícího zesilovače. Člen $1 + (1 + R2/R1)/A$ popisuje chybu, kterou vnáší operační zesilovač s konečným zesílením A a je stejně velký jako u zesilovače neinvertujícího.

Příklad 3: V zapojení podle obr. 7 je $R2 = 100$ k Ω a $R1 = 10$ k Ω . Určete zesílení invertujícího zesilovače A_{IN} , je-li zesílení A operačního zesilovače: a) $A = \infty$, b) $A = 10^5$ c) $A = 10^3$

Řešení: Zesílení invertujícího zapojení podle obr. 7 je:

$$A_{IN} = -(100/10) / [1 + (1 + 100/10)/A] =$$

$$= -10 / (1 + 11/A).$$

Pro $A = \infty$ je $A_{IN} = -10$ (ideální stav).

pro $A = 10^5$ je

$$A_{IN} = -10 / (1 + 11/10^5) = -9,9989,$$

pro $A = 10^3$ je

$$A_{IN} = -10 / (1 + 11/10^3) = -9,89120.$$

Platí stejný závěr jako u neinvertujícího zesilovače. Vztah pro ideální zesílení $A_{IN} = -R2/R1$ můžeme použít pouze tehdy, je-li zesílení operačního zesilovače A mnohem větší než poměr rezistorů $R2/R1$.

V tabulce 2 je zachycen vliv konečné hodnoty zesílení A operačního zesilovače na zesílení invertujícího zesilovače na obr. 7. Přerušovanou čarou je i zde vyznačena oblast zesílení A , kde se proti ideálnímu stavu dopouštíme chyby pod 1 %.

Jak ovlivňuje invertující zapojení OZ přecházející obvody?

Do vstupní svorky zapojení na obr. 7 teče vždy proud, který je určen velikostí vstupního napětí u_i a odporem rezistoru R1. Řekneme, že vstupní odpor R_{Vst} invertujícího zesilovače je roven přímo odporu rezistoru R1:

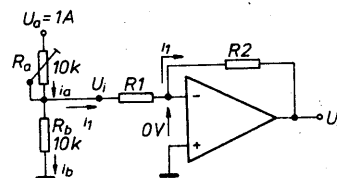
$$R_{Vst} = R1$$

Co to znamená? Představme si, že musíme zesílit $-10\times$ napětí, které je na odporovém děliči z obr. 9. Vstupní odpor R1 invertujícího zesilovače se řadí paralelně k rezistoru R_b a ovlivňuje tak velikost napětí u_i . Proud i_a protékající rezistorem R_a je dán součtem proudů i_b a i_1 . Platí

$$i_a = i_b + i_1$$

V praxi požadujeme, aby proud i_1 byl mnohonásobně menší než proud i_a , tedy

$$i_a \gg i_1$$



Obr. 9. Zesilování napětí z odporového děliče invertujícího zesilovačem

Není však možné používat rezistor například o odporu 100 M Ω , běžné jde o odpory od 2 k Ω do 1 M Ω . Z toho vyplývá, že invertující zapojení na obr. 7 ovlivňuje předchozí obvody více než zapojení neinvertující na obr. 4.

Tabulka 1: Vliv konečné hodnoty zesílení A operačního zesilovače na zesílení A_{IN} neinvertujícího zesilovače

R1 k Ω	∞	10	1	0.1	příklad
R1 k Ω	0	90	99	99.9	realizace
∞	1	10	100	1000	ideální
10^6	0.999 999	9.999 9	99.99	999	reálné operační zesilovače
10^5	0.999 99	9.999	99.9	999	
10^4	0.9999	9.99	99.0	999	
10^3	0.999	9.9	90.9	500	
10^2	0.99	9.1	50	91	
10	0.91	5.0	9.1	9.0	
1	0.50	0.91	0.99	0.999	
A zesílení OZ	Zesílení neinvertujícího zapojení – obr. 4 $A_{IN} = (1 + R2/R1) / [1 + (1 + R2/R1)/A]$				V oblasti označené! je chyba 1 %

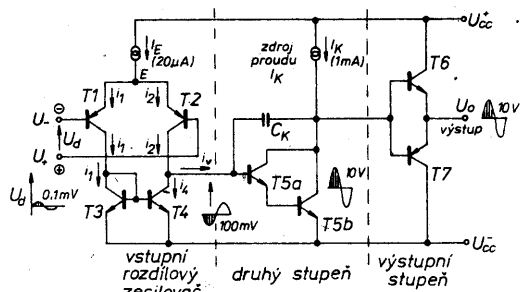
Tabulka 2: Vliv konečné hodnoty zesílení operačního zesilovače A na zesílení invertujícího zesilovače A_{IN} .

R1 k Ω	10	10	10	1	příklad
R2 k Ω	10	100	1000	1000	realizace
∞	-1	-10	-100	-1000	ideální
10^6	-0.999 998	-9.9999	-99.9899	-999.0	reálné operač. zesil.
10^5	-0.999 98	-9.9989	-99.8991	-990.089	
10^4	-0.9998	-9.989	-99.0001	-909.008	
10^3	-0.998 004	-9.8912	-90.8266	-499.75	
10^2	-0.980 392	-9.009	-49.7512	-90.827	
10	-0.833 333	-4.7619	-9.009	-9.891	
1	-0.333 333	-0.83333	-0.9804	-0.998	
A zesílení OZ	Zesílení invertujícího zapojení obr. 7 $A_{IN} = -(R2/R1) / [1 + (1 + R2/R1)/A]$				viz tab. 1

Tabulka 3. Charakteristické údaje pro operační zesilovač MAA741 (typické-nominální hodnoty při $U_{cc} = \pm 15$ V a $t_a = 25^\circ\text{C}$) a požadavky na ideální operační zesilovač. (viz text na str. 27).

číslo parametru	parametr	jednotka	MAA741	ideální zesilovač	poznámka
1	U_{IO}	mV	2	0	
2	I_{IO}	nA	20	0	
3	I_{IB}	nA	80	0	
4	$R_{ISE}(R_D)$	MΩ	2	∞	
5	A_u	–	150 000	∞	
6	I_{cc}	mA	1,2	0	
7	U_{omax}	V	± 13	∞	1
8	U_i	V	± 13	∞	1
9	CMR	dB	90	∞	
10	SVR	$\mu\text{V/V}(\text{dB})$	50 (86)	0, (∞)	
11	I_{OS}	mA	± 25	∞	2
12	R_O	Ω	75	0	3
13	C_i	pF	2,7	0	
14	f_T	MHz	1	∞	
15	S	$\text{V}/\mu\text{s}$	0,5	∞	
16	αU_{IO}	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$	10	0	
17	αI_{IO}	$\text{pA}/^\circ\text{C}$	160	0	
18	šumy	–	–	0	

Pozn. 1. Nekonečně velké by muselo být i napájecí napětí.
Pozn. 2. Napájecí zdroje by musely být schopny dodat nekonečný proud.
Pozn. 3. Je-li zavedena záporná zpětná vazba, je $R_O < 0,1\Omega$.



Obr. 10. Zjednodušené schéma operačního zesilovače („vinovky“ v jednotlivých bodech ukazují polaritu signálu)

Co se skrývá v symbolické značce?

Velmi zjednodušené schéma operačního zesilovače je na obr. 10. První, a velmi důležitou částí operačního zesilovače je **vstupní rozdílový zesilovač**. Musí zesílit rozdílové napětí u_d 1000 až 10 000krát. Další částí je **druhý stupeň**, tvořený tranzistory T_{5a} , T_{5b} v Darlingtonově zapojení. Vstupní proud této kombinace je velmi malý a neovlivňuje proto vlastnosti rozdílového zesilovače (nezatěžuje jej). Napěťové zesílení je 100 až 300, protože se jedná o zapojení zesilovače se společným emitorem (a proudovým zdrojem v kolektoru). Kondenzátor C_K (korekční kondenzátor) zamezuje nežádoucím kmitům operačního zesilovače. Může být přímo součástí integrovaného obvodu (operační zesilovač s vnitřní korekcí) nebo se může připojovat jako vnější součástka. Posledním dílem každého operačního zesilovače je **výstupní stupeň**. Zde jej tvoří komplementární emitorový sledovač (T_6 , T_7), jeho napěťové zesílení je přibližně jednotkové. Výstupní stupeň zabraňuje tomu, aby zatěžovací odpor na výstupu ovlivňoval zesílení druhého stupně – odděluje zátěž od předchozích stupňů s napěťovým zesílením.

Při tak jednoduché konstrukci, jako je na obr. 10, můžeme připojovat zatěžovací odpory asi $2\text{k}\Omega$ a pro napětí $u_o = 10$ V prochází zatěžovací proud $10\text{ V}/2\text{ k}\Omega = 5\text{ mA}$. Předpokládáme, že proudový zesilovací činitel tranzistorů T_6 a T_7 je alespoň 50. Bázový proud tranzistorů T_6 a T_7 je potom vždy menší než $5\text{ mA}/50 = 100\text{ }\mu\text{A}$ a to je hodnota mnohem menší než proud dodávaný zdrojem proudu I_K . Druhý stupeň proto není zatížen příliš ovlivněn.

Předpokládáme, že tranzistory T_{5a} a T_{5b} mají proudové zesilovací činitele stejné a rovné hodnotě 50. Výsledný proudový zesilovací činitel Darlingtonova zapojení je $\beta = 50 \cdot 50 = 2500$. Protéká-li kolektorem T_{5b} proud $I_K = 1\text{ mA}$, vtéká do báze tranzistoru T_{5a} proud $1\text{ mA}/2500 = 0,4\text{ }\mu\text{A}$. To je opět proud mnohonásobně menší než je proud proudového zdroje I_E . Druhý stupeň proto podstatně neovlivní zesílení rozdílového stupně.

Pozn. 1: Zdroj proudu I_K je obvod, který dodává do obvodu stále stejný proud I_K , bez ohledu na velikost napětí na jeho výstupu.

Je-li použito místo tranzistorů T_6 a T_7 složitější výstupní stupeň (s větším proudovým zesílením), může se na výstup připojovat i zátěž 2 až $4\text{ }\Omega$ a zesílení operačního zesilovače se nemění. Hovoříme o výkonových operačních zesilovačích.

Jak skutečně zesiluje?

První a nejdůležitější částí operačního zesilovače je vstupní rozdílový zesilovač, který určuje skoro všechny vlastnosti. Jeho základními prvky (obr. 10) jsou PNP tranzistory T_1 a T_2 . V ideálním případě mají úplně shodné vlastnosti. Zdroj proudu I_E dodává do

emitoru E stále stejný proud I_E . Platí vždy

$$I_E = I_1 + I_2,$$

součet proudů oběma emitory se musí vždy rovnat proudu I_E .

Tranzistory T_3 a T_4 tvoří **proudové zrcadlo**. Jsou-li tranzistory T_3 a T_4 shodné, je proud I_4 vždy stejně veliký jako proud protékající tranzistorem T_3 . Proto platí

$$I_4 = I_1$$

1) Nejdříve si představte, že rozdílové napětí $u_d = 0$ (spojíme záporný a kladný vstup). Tranzistory T_1 a T_2 jsou stejné a mají stejné bázové napětí (stejně napětí mezi emitory a bázemi). Proto oběma prochází stejný proud $I_1 = I_2 = I_E/2$. Výstupní proud I_V z rozdílového stupně je určen rozdílem proudů I_2 a I_4 . Platí

$$I_V = I_2 - I_4.$$

Pro $u_d = 0$ je $I_4 = I_1 = I_E/2$, a proto je výstupní proud $I_V = I_2 - I_4 = I_E/2 - I_E/2 = 0$. Další stupně nejsou buzeny, na výstupu je nulové napětí. Říkáme, že přenos operačního zesilovače je nulový.

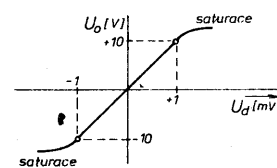
2) Nyní si představte, že $u_d > 0$ (napětí souhlasí se směrem šipky u_d a je větší než asi 5 mV). Báze T_2 je kladnější než báze T_1 . Proto se T_1 (PNP) úplně otevře, $I_1 = I_E$, a tranzistor T_2 (PNP) se úplně zavře, $I_2 = 0$. Dále platí $I_4 = I_1 = I_E$. Proto výstupní proud

$$I_V = I_2 - I_4 = 0 - I_E = -I_E$$

teče proti šipce na obr. 10. Odčerpává veškerý proud z báze tranzistoru T_{5a} . Tranzistor T_{5a} se zavírá, celý proud I_K vtéká do báze tranzistoru T_6 , ten se otevírá. Na výstupu je téměř napětí $U_{cc} +$.

3) Posledním možným stavem je $u_d < 0$ (napětí působí proti šipce u_d na obr. 10). Báze tranzistoru T_1 je kladnější než báze tranzistoru T_2 , T_1 se proto zavře a $I_1 = 0$. Tranzistor T_2 se otevírá a $I_2 = I_E$. Opět platí $I_4 = I_1$, proto $I_4 = 0$. Výstupní proud $I_V = I_2 - I_4 = I_E - 0 = I_E$ teče do báze tranzistoru T_{5a} . Oba tranzistory T_{5a} , T_{5b} se otevírají, na jejich kolektorech je téměř napětí U_{cc} . Proto se otevírá i tranzistor T_7 (PNP) a výstupní napětí u_o je rovněž rovno téměř napětí U_{cc} .

Situace je znázorněna na obr. 11. Pro u_d v rozmezí -1 mV až $+1\text{ mV}$ má operační zesilovač podle obr. 11 zesílení $A = u_o/u_d$ = 10 000. Pro ostatní napětí u_d již přestává zesilovat, protože výstupní napětí nemůže nikdy přesáhnout hodnoty U_{cc} , U_{cc} . Říkáme, že výstupní tranzistory operačního zesilovače jsou v **saturaci**. Proto je maximální výstupní napětí určeno napětími U_{cc} , U_{cc} , které musíme zmenšit o 1 až 3 V; o úbytek napětí na tranzistorech T_6 , T_7 v sepnutém



Obr. 11. Závislost výstupního napětí u_o na rozdílovém napětí u_d pro operační zesilovač se zesílením $A = 10\,000$.

stavu. Znamená to, že při napájení ± 15 V může nabývat výstupní napětí u_o hodnot asi -12 V až $+12$ V. Říkáme, že **rozkmít výstupního napětí** je ± 12 V.

Z obr. 11 je zřejmé, že napětí u_+ a u_- se běžně liší o méně než 1 mV, jsou téměř souhlasná. Proto stačí prakticky zkoumat největší velikost napětí na kladném vstupu, pro kterou ještě platí závislost na obr. 11. Tomuto napětí říkáme **mezni souhlasné napětí**. Je to mezni napětí, na kterém jsou oba vstupy „posazený“ proti zemi a zesilovač ještě zesiluje, pracuje podle obr. 11.

Je-li souhlasné napětí větší než napětí U_{cc} , zavírají se oba tranzistory T_1 a T_2 (PNP), protože napětí na jejich bázích je větší než napětí na emitorech (bod E). Operační zesilovač již nepracuje. Je-li souhlasné napětí menší než napětí U_{cc} , otevírají se přechody kolektor – báze tranzistorů T_1 a T_2 a to také není správný pracovní režim.

Ve skutečnosti je možný rozsah souhlasných napětí U_{is} ještě o 1 až 2 V pod hodnotami U_{cc} a U_{cc} .

Na obr. 10 tvoří vstupní rozdílový zesilovač dva tranzistory PNP – T_1 , T_2 – bipolární tranzistory. Takovému zesilovači proto také říkáme **bipolární operační zesilovač**. Pro diferenční napětí u_d v okolí nuly teče kolektory tranzistorů proud asi $10\text{ }\mu\text{A}$. Je-li proudový zesilovací činitel obou tranzistorů větší než 50, potečou bázové proudy menší než $10\text{ }\mu\text{A}/50 = 200\text{ nA}$ ven ze vstupů. To je také běžná hodnota **vstupního proudu** bipolárního operačního zesilovače. Je-li rozdílový stupeň z tranzistorů NPN, jsou proudy podobné, ale tečou do obvodu. Díky nenulovému vstupnímu proudům je odpor mezi záporným a kladným vstupem konečný (diferenční odpor R_d) – v rozmezí $0,5\text{ M}\Omega$ až $5\text{ M}\Omega$.

U některých operačních zesilovačů jsou na místě tranzistorů T_1 a T_2 použity tranzistory řízené polem (JFET, MOSFET). Druhý stupeň a výstupní stupeň jsou obdobné za-

Sítě převaděčových stanic pro paket radio

Od r. 1990 získává popularitu také v ČSFR nový druh práce, zvaný **PAKET RADIO**, zkratka **PR**. Je příbuzný již dříve populárnímu provozu **RTTY** a k jeho kladům patří velká odolnost proti rušení a mnohonásobné využití v kanálu, umožňující, aby na jednom kmitočtu probíhala řada na sobě nezávislých spojení. Přicházíme zde do styku s tzv. virtuálním spojením, na rozdíl od toho, které známe ze všech ostatních druhů provozu. Další výhodou je možnost využití kterékoliv slyšitelné stanice jako retranslační stanice (převaděče), čímž se zvětší dosah při navazování spojení. Přitom takto využitá stanice nemá vlastní provoz nijak podstatně omezen – lépe řečeno operátor nějaké omezení neregistruje.

Nutné vybavení k provozu **PR** je přijímací a vysílací radiostanice buď na KV nebo VKV pásma, počítačový terminál, případně počítač s programem emulujícím takový terminál a potřebný je i další doplněk – „inteligentní“ modem, který zpracovává data z počítače do analogové podoby (nf tóny různého kmitočtu) po jejich předchozím uspořádání.

Na rozdíl od běžného spojení **RTTY** nejsou jednotlivé znaky vysílány ihned po zmáčknutí příslušné klávesy, ale více znaků je seskupeno do tzv. paketu. Každému paketu je automaticky přiřazen volací znak vysílací stanice, příp. jednotlivých retranslačních stanic, kontrolní součet, signalizace začátku a konce. Zajímavá je signalizace začátku paketu, která současně synchronizuje přijímací stranu na celou dobu přenosu paketu, a proto není nutná přídavná synchronizace opírající se o bity start a stop, jak to známe z provozu **RTTY**. Tyto bity nejsou vůbec vysílány. Alfnumerické znaky, ze kterých se přenos skládá, jsou vysílány v kódu **ASCII**. Kontrolní součet umožňuje přijímací straně registraci případného zkreslení přenosu v důsledku krátkodobé poruchy. Pokud je celý paket dat správně přijat, je přijetí potvrzeno vysílací stanicí a ta může začít s vysíláním paketu dalšího. Jednotlivé pakety jsou navíc číslovány, což umožňuje jejich správné řazení. Struktura paketu je následující:

Každý vysílaný symbol je zakódován do 7bitového kódu **ASCII**, nejvyšší bit má hodnotu „0“ pro všechny symboly kromě posledního, kde je hodnota „1“ a signalizuje konec oblasti. Byte označené „“ obsahují příp. přídavný identifikační znak stanice. Není to informace nutná, ale pokud je používána, je oddělena od značky symbolem „-“. Přídavnou identifikaci stanice je číslo s hodnotou 1 až 15 (např. **OK1VJG-2**). Toto číslo je napsáno v binárním kódu a využívá jen čtyři ze sedmi dostupných bitů. Zbylé bity nesou informaci, zda se jedná o paket po retranslaci.

Kontrolní byte informuje o významu paketu – např. paket obsahující uživatelská data, potvrzující paket ap. V závislosti na významu paketu může oblast uživatelských dat obsahovat přenosovou informaci. Její délka může být až 256 byte.

Kontrolní součet má délku 16 bitů a je vypočítán podle algoritmu **CRC** (Cyclic Redundancy Code). Tento algoritmus umožňuje nalezení chyby s větší pravděpodobností, než kdyby byl prostě sčítán obsah předcházejících oblastí.

V případě chyby žádá adresát opakování paketu. Pakety nemusí být potvrzovány jednotlivě, je povoleno vyslání až 7 nepotvrzených paketů a také potvrzení až 7 paketů jedním potvrzujícím. To umožňuje lepší využití kanálu při používání převaděčů a omezu-

Takto se realizuje selektivní volání žádané stanice. Při průměrné délce jednoho paketu je průměrná délka obsazení kanálu od zlomku sekundy do několika sekund, závisí to i na rychlosti přenosu (300 baudů na KV a 1200 baudů na VKV, v mikrovlnných přenosech až 9600 Bd). To umožňuje hlavně při provozu na VKV využití jednoho kanálu větším množstvím stanic pracujících s časovým multiplexem nezávisle na sobě. Pro účely radiomaterů je ovšem možné vysílat pakety i pro všechny (vysílání **CQ**) a neselektivní příjem správně přijatých paketů (při monitorování nebo při prostém poslechu kanálů).

Po dekódování paketů kontrolerem je informace v nich obsažená odeslána na terminál nebo počítač jej imitující pro zobrazení. Mimo seskupování informací do paketů, jejich dekódování nebo přípravy odpovědi, potvrzující příjem nebo žádající opakování, kontroler automaticky hlídá obsazení kanálů jinými stanicemi a řídí přepojování příjem – vysílání. Z toho všeho vyplývá, že kontroler je přístroj dosti komplikovaný, je vybaven mikroprocesorem a několika kB paměti. V radioamatérské praxi známe kontrolery s názvem **TNC** (**TERMINAL NODE CONTROLLER**) – což znamená kontroler uzlové stanice, uzlového bodu. Jeho zjednodušené blokové schéma je následující:

Takto ve zkratce popsany způsob přenosu (tzv. protokol) má označení **AX.25** a je přijat jako povinný standard pro práci **PR**. Je převzat z protokolu **X-25** (**HDLC**) a zahrnuje specifiky radioamatérské komunikace – např. delší adresovací oblast, kam se vejdu značky radioamatérských stanic. Protokol **AX.25** nám mimo normálního spojení umožňuje i spojení prostřednictvím dalších stanic, které jsou v danou dobu na příjmu a které jsou využity jako retranslační stanice. Těchto retranslačních stanic může být na trase až 8, což dosti zvyšuje dosah, zvláště na VKV. Požadované spojovací cesty jsou uváděny při volání protistanice např. podle situace na pásmu zjištěné neselektivním odposlechem. Pakety, které jsou přijímané retranslačními stanicemi, se na krátkou dobu zapamatují v paměti kontroleru a pak vysílají dál. To vše se uskutečňuje v systému časového multiplexu, a to bez omezení možnosti vlastního navazování spojení stanic, sloužící jako stanice retranslační. Operátor stanice ani nemusí vědět, že jeho stanice slouží jako převaděč. Současné kontrolery nám umožňují řídit až 10 nezávislých příjmů dat, mohou tedy být využity k řízení většího množství selektivních spojů i k retranslaci současně. Normální fonické převaděče mohou být spouštěny podle příslušného povolení a podle dohodnutého kmitočtového plánu; na rozdíl od nich přenosy v systému **PR** jako součást protokolu **AX.25** jsou možné v rámci obecného povolení na tento druh provozu. Telekomunikační správa v řadě států však vyžaduje dozor operátora po dobu zapnutí stanice, prakticky to však znamená jen přítomnost operátora v bytě, či klubových místnostech bez aktivní účasti na spojení. Spojení se uskutečňují v částech pásma vymezených pro dálkopisná spojení a nejčastěji používané kmitočty jsou: 144,625 až 144,675 kHz, příp. 145,225 kHz v pásmu 2 m, 432,675, 433,225, 433,625 až 433,675 kHz v pásmu 70 cm, na vyšších pak 1296,675 MHz, 2320,675 MHz,

1 byte	≥ 1 byte	1 byte	≥ 0 byte	2 byte	1 byte
synchronizační oblast (FLAG)	adresová oblast	oblast kontrolních dat	oblast uživatelských dat	kontrolní součet	synchronizační oblast (FLAG)

Synchronizační byte (flag) obsahuje standardně kombinaci bitů 01111110. Adresní oblast obsahuje volací značku odesílatele, adresáta, příp. i retranslačních (převaděčových) stanic. Dovolena délka značek je 1 až 8 byte, adresová oblast může mít délku max. 70 byte.

adresát	odesílatel	převaděč (až 8 značek)
ISPEGBKI	OEIKBAI	OEIKBAI

je zpoždění přenosu paketů. Po vyčerpání povoleného množství opakování při spojení je takové spojení přerušeno jako neúčinné. V případě poruch časové nesouměrnosti rozložených (např. impulsních) existuje velká pravděpodobnost příjmu neporušeného paketu při některém opakování, takže i při velmi špatných podmínkách na přenosové trase je možné bezchybné spojení.

Protože je každý paket doplněn značkami vysílající a přijímací stanice, kontroler (inteligentní modem) kontroluje na přijímací straně souhlas značek adresáta s vlastní značkou a pakety určené jiným nedekóduje.

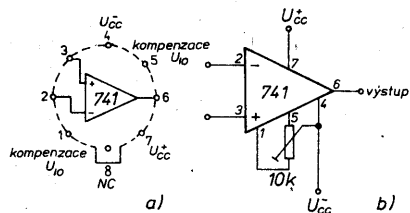
Příklad 7: Určete šířku pásma pro požadované zesílení $A_p = 10$; 33 a 100 pro čaru 2 na obr. 14.

Řešení: Pro čaru 2 je $f_{T2} = 10$ MHz. Proto jsou šířky přenášeného pásma $f_c(A_p = 10) = 10 \text{ MHz}/10 = 1 \text{ MHz}$, $f_c(A_p = 33) = 10 \text{ MHz}/33 = 300 \text{ kHz}$, $f_c(A_p = 100) = 10 \text{ MHz}/100 = 100 \text{ kHz} = f_{c2}$

Je zřejmé, že při stejné korekční kapacitě C_k roste šířka přenášeného pásma se zmenšováním požadovaného zisku.

Základní údaje v katalogu

První skupinu údajů tvoří údaje o pouzdru, zapojení vývodů a zapojení pro nastavení (kompenzaci) napětové nesymetrie vstupů (pokud tato možnost u zesilovače je). Situace pro operační zesilovač MAA741 v osmivývodovém kovovém pouzdrě je pro příklad uvedena na obr. 15.



Obr. 15. a) Připojení vývodů OZ MAA741 v kovovém osmivývodovém pouzdrě – pohled zdola (NC – nepřipojený vývod)
b) Zapojení pro nastavení napětové nesymetrie vstupů U_{IO}

Druhou a velmi důležitou skupinou údajů jsou **mezni údaje**.

1) Mezní napájecí napětí U_{ccmax} například pro MAA741 se uvádí údaj ± 3 až ± 22 V. Znamená to, že obvod přestává dobře pracovat při napájecím napětí menším než ± 3 V. Ke zničení obvodu může dojít při překročení napájecích napětí ± 22 V. Při nesymetrickém napájecím napětí nesmí napětí mezi vývody 7 a 4 překročit hodnotu 44 V ($U_{cc+max} + U_{cc- max}$).

2) Mezní rozdílové napětí U_{IDmax} například pro MAA741 se uvádí ± 30 V. Je to mezní hodnota napětí mezi kladným a záporným vstupem, která je výrobcem dovolena. Překročení tohoto napětí může vést ke zničení obvodu.

3) Mezní vstupní napětí $U_{I max}$ například pro MAA741 se uvádí ± 15 V s poznámkou, že pro napájecí napětí menší než ± 15 V nesmí $U_{I max}$ překročit velikost napájecího napětí (například při napájení ± 6 V je potom $U_{I max} = \pm 6$ V). Je to mezní hodnota napětí na kladném a záporném vstupu (proti zemní svorce), která je výrobcem dovolena. Překročení tohoto napětí může vést ke zničení obvodu.

4) Mezní ztrátový výkon P_{tot} například pro MA741 se uvádí 500 mW. Je to mezní ztrátový výkon, který je povolen, aby se integrovaný obvod nepřehříval. Jestliže je například napájení ± 15 V a odběr proudů I_{cc} z obou zdrojů je 10 mA, je příkon ze zdrojů $P_p = 2.15 \text{ V} \cdot 10 \text{ mA} = 300 \text{ mW}$. V tomto případě nemůže být hodnota P_{tot} nikdy překročena. Při běžných hodnotách zatěžovacích odporů (2 k Ω a více) a napájecím napětí ± 15 V se hodnota P_{tot} nemusí prakticky kontrolovat. Pokud vzniknou pochybnosti, je nutné spočítat příkon ze zdrojů napájení $P_p = U_{cc+} I_{cc+} + |U_{cc-}| \cdot |I_{cc-}|$, zjistit výkon dodávaný do zátěže (P_z) a ztrátový výkon P_{tot} určit ze vztahu $P_{tot} = P_p + P_z$.

Hodnota P_{tot} se uvádí většinou pro určité teploty okolí θ_a . Například pro MAA741 platí údaj $P_{totmax} = 500 \text{ mW}$ až do $\theta = 70^\circ \text{C}$. Nad 70°C musíme údaj snižovat asi o $6 \text{ mW}/^\circ \text{C}$. Tedy například pro $\theta_a = 80^\circ \text{C}$ je již $P_{totmax}(80^\circ \text{C}) = P_{totmax} - (80 - 70) \cdot 6 = 500 - 60 = 440 \text{ mW}$. Někdy je vynesena závislost P_{tot} na θ_a do grafu.

5) Rozsah pracovních teplot θ_a udává, pro jaké okolní teploty operační zesilovač pracuje (MAA741- $\theta_a = -55^\circ \text{C}$ až $+125^\circ \text{C}$).

6) Údaje o odolnosti proti zkratu výstupu MAA741 – zkrat výstupu není časově omezen. Některé operační zesilovače mohou mít zkrat výstupu zakázán nebo časově chodící textu).

7) Výrobce může udávat podle potřeby i jiné mezní parametry, které je nutné dodržovat.

Třetí skupinu údajů tvoří **charakteristické údaje**, které popisují vlastnosti zesilovače. Uváděny jsou minimální a maximální hodnoty, které výrobce zaručuje a hodnoty nominální (typické), kterých výrobce dosahuje (to je u základních parametrů). U některých parametrů jsou uváděny pouze nominální hodnoty, bez uvedení hranic – jde o typické hodnoty, které výrobce uvádí, ale nezaručuje. U každého parametru musí být uvedeny podmínky, za kterých byl měřen. Jsou to nejčastěji následující parametry (pozn. 1 – parametr je popsán v předchozím textu).

- 1) Napětová nesymetrie vstupů U_{IO} , pozn. 1
- 2) Proudová nesymetrie vstupů I_{IO} , pozn. 1
- 3) Vstupní klidový proud I_B , pozn. 1
- 4) Vstupní odpor R_{ISE} , rozumí se vstupní odpor mezi kladným a záporným vstupem (v textu označen R_D).
- 5) Napětové zesílení otevřené smyčky A_u , v textu použit symbol A , pozn. 1
- 6) Napájecí proud I_{cc} , proud odebíraný z napájecích zdrojů při nulovém výstupním napětí
- 7) Rozkmit výstupního napětí U_{omax} , pozn. 1
- 8) Vstupní napětový rozsah U_i (mezni souhlasné napětí), rozsah napětí na kladném vstupu, pro který platí závislost na

obr. 11. Pro větší napětí se už vlastnosti zesilovače zhoršují, pozn. 1.

9) Potlačení souhlasného signálu – CMR, spojíme-li kladný a záporný vstup a měníme vstupní napětí proti zemní svorce, mělo by být výstupní napětí stále nulové. Ideální zesilovač zesiluje pouze rozdílové napětí u_d . U skutečných zesilovačů se ale mění. Změníme-li například vstupní napětí (souhlasné) o 10 V a výstupní napětí se změní o 1 mV, je $CMR = 20 \log(10 \text{ V}/1 \text{ mV}) = 20 \log 10^4 = 80 \text{ dB}$

Pro ideální operační zesilovač je $CMR = \infty$.

10) Potlačení vlivu změn napájecího napětí – SVR, mění-li se napětí U_{cc} , nesmí se u ideálního operačního zesilovače měnit výstupní napětí. U skutečného zesilovače se ale mění. Změna se vyjadřuje buď v $\mu\text{V/V}$ nebo v dB. Změní-li se U_{cc} o 5 V a u_o se změní o 500 μV , je $SVR = 500 \mu\text{V}/5 \text{ V} = 100 \mu\text{V/V}$. Tomu odpovídá údaj v dB: $SVR \text{ dB} = 20 \log(5 \text{ V}/500 \mu\text{V}) = 20 \log 10^4 = 80 \text{ dB}$

11) Výstupní proud nakrátko I_{os} , je to proud, který dodá operační zesilovač do zkratu proti zemní svorce.

12) Výstupní odpor R_o , je to odpor, který je ve výstupu operačního zesilovače, není-li zapojena zpětná vazba. Je-li zapojena zpětná vazba, jde o hodnoty pod 0,1 Ω .

13) Vstupní kapacita C_i , je to kapacita mezi kladným a záporným vstupem (běžně asi 3 pF).

14) Mezní průchozí (tranzitní) kmitočet f_T , pozn. 1.

15) Rychlost přeběhu S , pozn. 1.

16) Teplotní drift napětové nesymetrie ΔU_{IO} , popisuje změny napětové nesymetrie s teplotou. Vyjadřuje se v $\mu\text{V}/^\circ \text{C}$. Je-li $U_{IO} = 10 \mu\text{V}/^\circ \text{C}$ a teplota okolí se změní o 20°C , změní se vstupní napětová nesymetrie U_{IO} o hodnotu: $10 \mu\text{V}/^\circ \text{C} \cdot 20^\circ \text{C} = 200 \mu\text{V} = 0,2 \text{ mV}$

17) Teplotní drift proudové nesymetrie ΔI_{IO} , popisuje změny proudové nesymetrie s teplotou. Je-li $\Delta I_{IO} = 160 \text{ pA}/^\circ \text{C}$ a teplota okolí se změní o 20°C , změní se proudová nesymetrie o $160 \text{ pA}/^\circ \text{C} \cdot 20^\circ \text{C} = 3200 \text{ pA} = 3,2 \text{ nA}$.

18) Dalším údajem udávaným výrobcem je údaj o **šumových vlastnostech** zesilovačů. Šumy jsou nežádoucí napětové a proudové složky, které nijak nesouvisí se signálem. U ideálního operačního zesilovače jsou nulové.

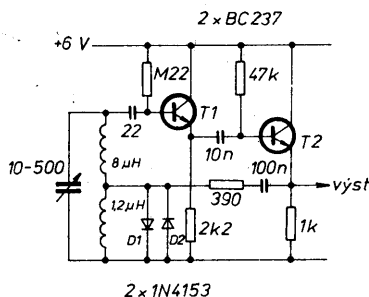
Pro představu jsou v tabulce 3 uvedeny typické (nominální) hodnoty pro operační zesilovač MAA741 (pro $U_{cc} = \pm 15 \text{ V}$, $\theta_a = 25^\circ \text{C}$) a hodnoty pro ideální operační zesilovač. Z tabulky 3 je zřejmé, že ideální operační zesilovač je popsán pouze „nulami a nekonečny“. Pro ideální operační zesilovač by nebylo zapotřebí vůbec sestavovat katalogový list. Pouze výstupní proudy a výstupní napětí by byly omezeny vlastnostmi napájecích zdrojů U_{cc} .

Oscilátor LC

se stabilním výstupním napětím

V zapojení podle vedlejšího obrázku získáme s uvedenými hodnotami součástek prakticky konstantní výstupní napětí při poměru kmitočtů 1:5 – od 2 do 10 MHz. Pokud by klesaly amplitudy u konce rozsahu, nezbyde než použít na místě prvního tranzistoru typ s vyšším mezním kmitočtem. Zapojení publikoval v březnovém čísle E.W. + W. v r. 1990 František Michele.

OK2QX



Obr. 1. Zapojení oscilátoru

TES® elektronika

nabízí osvědčené kvaziparalelní konvertory zvuku

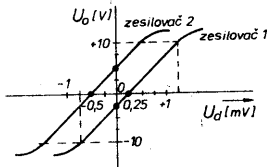
- QP 033 02 (35 x 35 mm) převod D/K, B/G/5.5 MHz
1 ks 240 Kčs, nad 10 ks a 195 Kčs
tento konvertor je určen pro monofonní přístroje
- konvertor pro stereofonní přístroje QP 040 01
(68 x 38 mm) 1 ks a 690 Kčs, 3 až 9 ks 640 Kčs
nad 10 ks a 590 Kčs
- Odbýt pouze formou zášilkové služby na dobírku.

Pisemně nebo telefonicky objednávky přijímá:
TES elektronika,
P.O.Box 30, 251 68 Štítník
tel./fax 02/99 21 88

pojení na obr. 10. Takové operační zesilovače mají vstupní proudy menší než 100 pA a tomu odpovídá i velký diferenční odpor $10^{12} \Omega$ až $10^{14} \Omega$.

Když nejsou tranzistory stejné

V předchozích úvahách jsme předpokládali, že tranzistory T1 a T2 v rozdílovém stupni jsou zcela stejné. Při spojení kladného a záporného vstupu tekly oběma tranzistory stejné proudy a výstupní napětí bylo nulové (pro $U_d = 0$). Jestliže nejsou oba tranzistory úplně stejné, nejsou proudy i_1 a i_2 také stejné při $U_d = 0$, ale liší se. Tomu odpovídá určité výstupní napětí. Situace je znázorněna na obr. 12.



Obr. 12. Závislost výstupního napětí u_o na rozdílovém napětí u_d pro operační zesilovač se zesílením $A = 10\,000$ a neshodnými tranzistory T1 a T2

Pro zesilovač 1 a $u_d = 0$ je $u_o = -2,5$ V. Teprve pro $u_d = +0,25$ mV je výstupní napětí nulové. Rozdílové napětí u_d , které musíme přivést na vstup zesilovače, aby výstupní napětí bylo nulové, nazýváme **vstupní napětí nesymetrie** (U_{IO} , offset), někdy také vstupní zbytkové napětí. Pro zesilovač 1 je tedy $U_{IO} = +0,25$ mV, pro zesilovač 2 je $U_{IO} = -0,5$ mV.

Některé vyráběné operační zesilovače mají udělány speciální vývody, na které lze připojit potenciometr (podle doporučení výrobce) a tím lze nastavit napětovou nesymetrii na 0 mV.

Nejsou-li vstupní tranzistory stejné, nejsou stejné ani jejich bazové proudy. Proto nejsou stejné ani vstupní proudy pro kladný (I_{B+}) a záporný (I_{B-}) vstup. V katalogu se většinou uvádí **vstupní klidový proud** I_{IB} , který se určí ze vztahu

$$I_{IB} = (I_{B+} + I_{B-})/2$$

Popisuje průměrnou hodnotu vstupního proudu. Dále se uvádí **vstupní proudová nesymetrie**

$$I_{IO} = I_{B+} - I_{B-}$$

... která popisuje rozdíl mezi vstupními proudy. Pro ideální operační zesilovač musí být oba údaje nulové.

Příklad: Víme, že vstupní proud kladného vstupu je $I_{B+} = 220$ nA a vstupní proud záporného vstupu je $I_{B-} = 180$ nA. Vstupní klidový proud je

$$I_{IB} = (180 + 220)/2 = 200 \text{ nA}$$

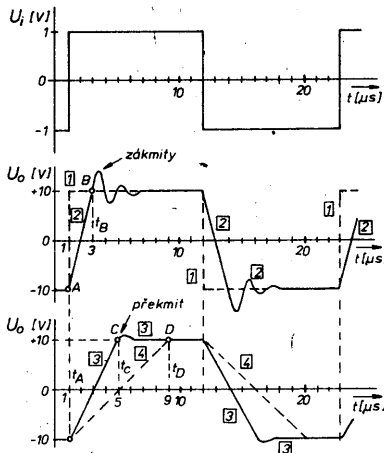
vstupní proudová nesymetrie je

$$I_{IO} = 220 - 180 = 40 \text{ nA}$$

Za co může korekční kondenzátor?

Kondenzátor C_k ve druhém stupni zamezuje nežádoucímu kmitání. Říkáme, že zajišťuje kmitočtovou stabilitu zapojení. Jsou-li vyvedeny svorky pro jeho připojení a operační zesilovač kmitá, stačí často kondenzátor C_k zvětšovat tak dlouho, až kmity přestanou. Běžné se jeho kapacity pohybují u moderních operačních zesilovačů v rozmezí 3 až 30 pF. Zbytečné zvětšování ale není vhodné. Se zvětšováním hodnoty C_k se kondenzátor déle nabíjí, zmenšuje se rychlost přeběhu výstupního napětí u_o . Říkáme, že se zhoršují dynamické vlastnosti obvodu. Typická chování jsou zachycena na obr. 13 pro neinverující zesilovač se zesílením +10.

Ideální operační zesilovač mění i výstupní napětí nekonečně rychle (průběh 1) a bez



Obr. 13. Průběhy na vstupu (u_i) a výstupu (u_o) neinverujícího zapojení operačního zesilovače $A_N = 10$ pro: 1 - ideální operační zesilovač 2 - málo korigovaný operační zesilovač, C_{k2} menší než 3 pF 3 - dobře korigovaný operační zesilovač, C_{k3} vhodně volené, asi 6 pF 4 - hodně korigovaný operační zesilovač, C_{k4} nadbytečně velká

zkmitů na výstupu. Skutečný operační zesilovač s malou (nedostatečnou) korekční kapacitou C_{k2} (průběh 2) zkmitává, rychlost přeběhu je poměrně velká. Úseku mezi body A a B odpovídá změna napětí 20 V a doba přeběhu tohoto úseku je

$$\Delta t = t_B - t_A = 3 - 1 = 2 \text{ } \mu\text{s}$$

Rychlost přeběhu S_2 pro průběh 2 proto je $S_2 = 20 \text{ V}/\Delta t = 20 \text{ V}/2 \text{ } \mu\text{s} = 10 \text{ V}/\mu\text{s}$, výstupní napětí se nemůže za 1 μs změnit o více než 10 V. Skutečný operační zesilovač s vhodnou korekční kapacitou $C_{k3} > C_{k2}$ (průběh 3) má právě náznak jednoho překmitu. Změnu napětí 20 V (body A, C) „přeběhne“ za čas

$$\Delta t = t_C - t_A = 5 - 1 = 4 \text{ } \mu\text{s}$$

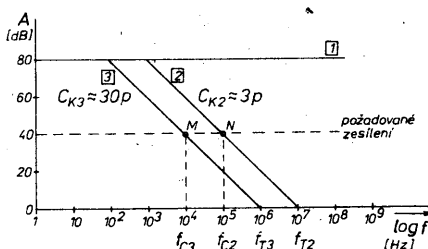
Rychlost přeběhu:

$S_3 = 20 \text{ V}/\Delta t = 20 \text{ V}/4 \text{ } \mu\text{s} = 5 \text{ V}/\mu\text{s}$, výstupní napětí se nemůže za 1 μs změnit o více než 5 V. Skutečný operační zesilovač s nadbytečně velkou korekční kapacitou $C_{k4} > C_{k3}$ (průběh 4) nemá žádný překmit, výstupní napětí se mění zbytečně pomalu.

Rychlost přeběhu

$$S_4 = 20 \text{ V}/(t_D - t_A) = 20 \text{ V}/(9 - 1) \text{ } \mu\text{s} = 2,5 \text{ V}/\mu\text{s}$$

Korekční kapacita C_k (a ostatní nežádoucí kapacity obvodu) také ovlivňují závislost zesílení operačního zesilovače na kmitočtu. S rostoucím kmitočtem se impedance korekčního kondenzátoru zmenšuje, zesílení druhého stupně klesá. Situace je znázorněna na obr. 14. Zesílení operačního zesilovače je vynešeno v dB (zisk v decibelech), platí: $A_{dB} = 20 \log A$



Obr. 14. Závislost zesílení operačního zesilovače na kmitočtu

Příklad 5: Pro $A = 1000 = 10^3$ je $A_{dB} = 20 \log 10^3 = 60 \text{ dB}$

$A = 10\,000 = 10^4$
 $A_{dB} = 20 \log 10^4 = 80 \text{ dB}$

$A = 100\,000 = 10^5$
 $A_{dB} = 20 \log 10^5 = 100 \text{ dB}$

$A = 1\,000\,000 = 10^6$
 $A_{dB} = 20 \log 10^6 = 120 \text{ dB}$

Pozn. 1) Známe-li zisk A_{dB} a chceme určit zesílení A , platí $A = 10^{(A_{dB}/20)}$

například: $A_{dB} = 80$,
 $A = 10^{80/20} = 10^4 = 10\,000$

Čára 1 (obr. 14) popisuje ideální stav pro kmitočtovou závislost (zesílení na kmitočtu nezávisí). Pro reálný operační zesilovač ovšem zesílení na kmitočtu závisí. Čára 2 popisuje typickou situaci pro korekční kapacitu $C_{k2} \approx 3 \text{ pF}$. Zesílení A je jednotkové ($20 \log 1 = 0 \text{ dB}$) na kmitočtu asi 10 MHz. Čára 3 zobrazuje situaci pro $C_{k3} = 30 \text{ pF}$, zesílení A je jednotkové na kmitočtu asi 1 MHz. Je jasné, že čára 3 se blíží k ideálnímu průběhu (čára 1) pro menší oblast kmitočtů než čára 2. Ani, proto není vhodné zbytečně zvětšovat korekční kapacitu C_k . Kmitočet, na kterém dosahuje operační zesilovač jednotkového zesílení (0 dB) nazýváme tranzitním kmitočtem f_T . Pro ideální operační zesilovač je $f_T = \infty$. Pro čáru 2 je $f_{T2} = 10 \text{ MHz}$, pro čáru 3 je $f_{T3} = 1 \text{ MHz}$.

Pokles zesílení A s kmitočtem vede k největším chybám při aplikacích operačních zesilovačů. Vždyt víme, že se zmenšováním A roste odchylka od ideální požadovaných zesílení pro neinverující i inverující zapojení operačního zesilovače. Požadujeme-li například zesílení $A_{IN} = -100$ ($R_2/R_1 = 100$, $20 \log 100 = 40 \text{ dB}$), je z obr. 14 jasné, že pro čáru 3 klesne zesílení operačního zesilovače pod tuto hodnotu již pro kmitočty nad 10 kHz (bod M), pro čáru 2 až pro kmitočty nad 100 kHz (bod N). Lze určit, že v bodě, kde se požadované zesílení A_p rovná právě zesílení operačního zesilovače (body M, N), poklesne zesílení inverujícího (i neinverujícího) zesilovače vždy na 0,707 výchozí (ideální) hodnoty – to je pokles o 3 dB ($20 \log 0,707 = -3 \text{ dB}$). Kmitočet f_c , který přísluší k tomuto bodu, určuje šířku pásma (pásmo kmitočtů), které zesilovač propouští (přenáší). Přibližně platí

$$f_c = f_T/A_p$$

Pro neinverující zesilovač je přímo $A_p = A_N$, pro inverující zesilovač je $A_p = -A_{IN}$. Za A_p tedy dosazujeme požadovanou velikost zesílení bez ohledu na znaménko (absolutní hodnota požadovaného zesílení).

Příklad 6: Pro čáru 3 na obr. 14 je $f_{T3} = 1 \text{ MHz}$. Určete šířku přenášeného pásma pro požadovanou zesílení $A_p = 10$; 33 a 100.

Řešení: Šířka pásma (pro pokles zesílení o 3 dB) je

$$f_c = f_{T3}/A_p$$

Proto

$$f_c(A_p = 10) = 1 \text{ MHz}/10 = 100 \text{ kHz}$$

$$f_c(A_p = 33) = 1 \text{ MHz}/33 = 30 \text{ kHz}$$

$$f_c(A_p = 100) = 1 \text{ MHz}/100 = 10 \text{ kHz} = f_{c3}$$

5670,675 MHz a 10 368,675 MHz. Na krátkých vlnách pak v okolí kmitočtů 3603, 7093, 14 080, 14 093, 14 103, 21 103, 21 115, 21 153, 28 133 a 28 303 kHz. Kmitočty 145 225 a 433 225 kHz jsou rezervovány pro oficiální převaděče. V pásmech VKV je používány kmitočtové odstup 1000 Hz a užívané kmitočty jsou 1200 a 2200 Hz, což odpovídá standardu Bell 202, používanému v mode-mech pro telefonní síť. Na VKV je kmitočto-vý posuv 200 Hz s použitím kmitočtů pro značku/mezeru 1600 a 1800 Hz. Zvláštní přiřazování jednotlivých tónů však není nutné, detekován je přechod z jednoho tónu na druhý.

V případě řízení kontroleru TNC a jeho spolupráce s počítačem je možné spouštění elektronických poštovních schránek (mail-boxů) bez dalších povolovacích procedur, nebo jsou tyto procedury velmi jednoduché. Zajímavé je také použití takových stanic jako majáků – vysílají vlastní značku a příp. krátký standardní text (např. jméno a lokátor QTH) v daných časových odstupech, a to souběžně s ostatními druhy provozu.

Dalším vývojovým stupněm je vytváření sítě převaděčů vzájemně propojených rádiovým spojem na vyšším kmitočtu (432 MHz a výše). Každá taková stanice představuje nadřazený uzlový bod vůči lokálnímu kontroleru TNC a umožňuje navazování spojení se všemi ostatními body takové sítě. Jednotlivá propojení jsou pro komunikující stanice „neviditelná“. Taková síť umožňuje mimo normálních spojení také přenos celých zpráv ve formě „dopisů“ a také předávání zpráv mezi

Provozem PR pracují radioamatéři i na krátkých vlnách. Tento QSL-lístek je pro OK1VJG z dubna 1990 za spojení v pásmu 20 m. Těžiště provozu PR je však na VKV/UKV

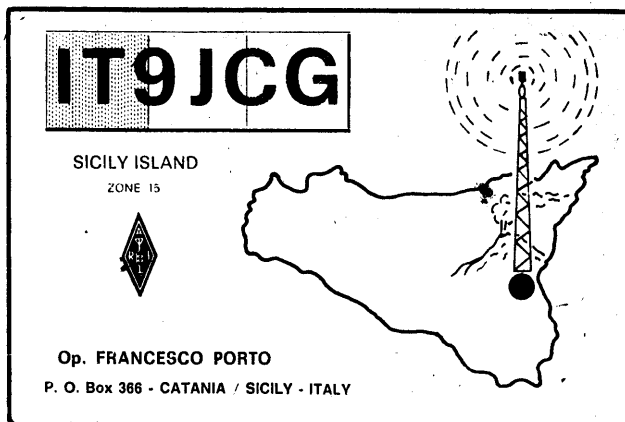
strukční příručka (v němčině) na disketě s úplným popisem obsluhy tohoto programu.

Předcházející text vznikl rozšířením a úpravou článku otištěného v Radiovém Informačním Bulletinu SP5PZK v listopadu roku 1987.

Adresy:

OK2FD: Ing. Karel Karmasin, Gen. Svobody 636, 674 01 Třebíč.

OK2QX: Ing. Jiří Peček, Riedlova 12, 750 02 Písek.



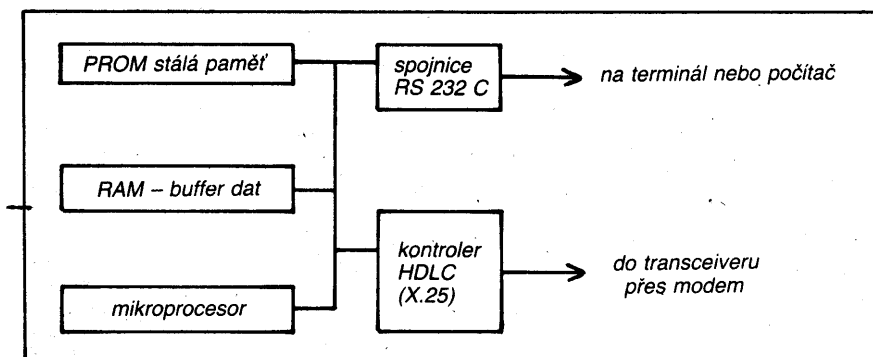
padkům při příjmu, roste počet opakování a doba potřebná k přenosu paketu mezi koncovými stanicemi se prodlužuje. Stanice pracující v příznivějších podmínkách pak přijímají pakety alespoň dvakrát a to již omezuje možnost jejich aktivní práce. Vysílací stanice také neslyší všechny slyšitelné stanice v okolí převaděče, roste nebezpečí kolize paketu a to má opět za následek nutnost jeho i několikanásobného opakování. V určitých nepříznivých podmínkách může být silně omezena propustnost kanálu, obzvláště když na něm probíhá vícenásobná translace. To v praxi znamená, že používat více než 8 převaděčů nelze. Ukážeme si to na jednoduchém výpočtu.

Předpokládejme, že paket dojde bezchybně v 90 % případů. Pokud máme čtyři převaděče (tzn. 5 přenosových úseků), dostáváme pravděpodobnost příjmu paketu mezi koncovými stanicemi $0,9^5 = 0,6$. Pravděpodobnost příjmu bez opakování je též 0,6, tzn. 60 %. Výsledná pravděpodobnost je v tom případě již jen $0,6 \times 0,6 = 0,36$ a to již znamená, že prakticky každý třetí paket musí být opakován i při velmi dobré slyšitelnosti. A to jsme neuvážovali zvětšení pravděpodobnosti kolize s jinými stanicemi, což přináší další nárůst opakování, kvalita spojení tedy klesá. Pokud je více stanic pracujících jako převaděče a celkem nekvalitní podmínky, pak je navázání spojení prakticky nemožné. Prakticky se jen výjimečně používají více jak 3 retranslační stanice.

Ani instalace speciálních, velmi dobře situovaných převaděčů, tzv. digipeatrů (DIGITAL repeater), nepřináší významný efekt. Díky jejich většímu dosahu se sice zmenšuje počet stanic nutných k přenosu zprávy od odesílatele k příjemci, tzn. roste kvalita spoje, ovšem zvětšuje se také množství pracujících účastníků a vzájemně se neslyšících stanic. To má opět za následek zvětšení počtu kolizi na vstupu digipeatru a v konečném důsledku jeho „ohluchnutí“. Velké množství opakování a rušení stanic slaběji slyšitelných silnějšími převaděči velmi rychle ohraničuje použitelnost takového řešení.

Aby byly vytvořeny lepší podmínky pro provoz, je nutné omezit dosah převaděčů a jejich vzájemnou slyšitelnost zajistit předavními spoji. Tím vzniká síť stanic, které umožňují spojení na větší vzdálenosti. Předpokladem tohoto řešení je samozřejmě rozdílnost kmitočtů vstupního a výstupního, i kmitočtů mezi převaděči. Toto však dosud není všude důsledně dodržováno. Využívání sítě má oproti práci s obyčejnou převaděčovou stanicí řadu rozdílu a výhod.

Stanice navazující spojení navazuje kontakt s nejbližším uzlem v síti. Od toho momentu uzlová stanice potvrzuje odesílateli všechny pakety svým jménem i jménem dalších stanic. Čekání na potvrzení konečné stanice je zbytečné, uzlová stanice disponuje seznamem všech dalších dosažitelných uzlů, takže uživatel musí jen zažádat o spo-



Obr. 1 Blokové schéma TNC

jednotlivými mailboxy. Evropská síť je ve stadiu intenzivního budování, např. v USA je již řada takovýchto sítí v provozu. Jedním z projektů budoucnosti je propojení existujících sítí prostřednictvím satelitních převaděčů.

Několik slov ještě je třeba říci k potřebnému vybavení stanic. Na Západě je dostupná celá řada typů kontrolerů TNC v cenách 500 až 1000 DM, které jsou vybaveny standardním sériovým připojením RS 232; takže mohou spolupracovat s jakýmkoliv počítačem, který je vybaven stejným konektorem. Některé z nich mají ještě oddělený vstup přizpůsobený k práci s počítačem Commodore C64, který je mezi radioamatéry asi nejrozšířenější. Počítač však může terminál emulovat při použití vhodného programu. Programy jsou velmi rozšířené a všeobecně dostupné, např. pro IBM-PC programy KERMIT nebo PROCOMM. Majitelé počítačů Commodore C64 ušetří, neboť skupina německých odborníků vyvinula vynikající program DIGICOM 64, realizující většinu funkcí, se kterými se setkáváme v továrních kontrolerech TNC. Program je dostupný všem zdarma a jediným požadovaným doplňkem je jednoduchý modem např. s obvodem XR2206 a XR2211 nebo 7911 připojovaný ke kazetovému portu. Programy jsou k dispozici u OK2FD nebo OK2QX po zaslání vlastní diskety a 5 Kčs ve známkách na odpověď (adresy viz dále). Existuje i in-

Základem amatérské práce na pásmech je především navázání dvoustranného spojení se svým protějškem. To platí pro všechny druhy vysílání, včetně paket radia. Podmínkou dobrého spojení je vždy dostatečně dobrá slyšitelnost obou stanic. Jak toho dosáhnout, je všeobecně známo, jiná věc je však praktická realizace. Paket radio má oproti jiným druhům provozu jednu atraktivní přednost: každá stanice v dosahu vysílací stanice může v daném okamžiku sloužit jako převaděč, aniž by sama byla omezovala ve vlastním provozu. Stanice, pracující jako převaděč, volíme nejčastěji podle vlastního poslechu nebo jiných informací, získaných např. při předchozích spojeních. Systém provozu PR umožňuje využívání většího množství – až 8 takovýchto stanic, působících jako převaděče. Význam – hlavně při spojeních na VKV zde není třeba zdůrazňovat.

Uvedený počet osmi stanic by se někomu mohl zdát malý, ale důkladné analýzy ukazují něco jiného. Víte jistě, že každý paket musí být příjemcem potvrzen – při kladném potvrzení je vše v pořádku, při záporném se musí paket opakovat. Při klasickém oboustranném spojení je klad tohoto způsobu zřejmý, při translaci prostřednictvím převaděčů tato zásada pochopitelně platí i pro jednotlivé úseky trasy – pokud dochází k vý-

jení s požadovaným koncovým uzlem. Další uzlové stanice, které jsou mezi nimi, nemusí být uživateli hlášeny, jsou pro něj tudíž „neviditelné“. Také potvrzování jednotlivých paketů, předávaných mezi jednotlivými uzly, nepřichází k uživateli a síť tím není zatěžována. Způsob potvrzování je také poněkud odlišný oproti protokolu AX.25. Uzlové stanice mezi sebou vyměňují pouze chybné pakety, bez opakování celého bloku. Tento speciální síťový protokol je protokolem tzv. třetí úrovně, podle sedmistupňového modelu ISO.

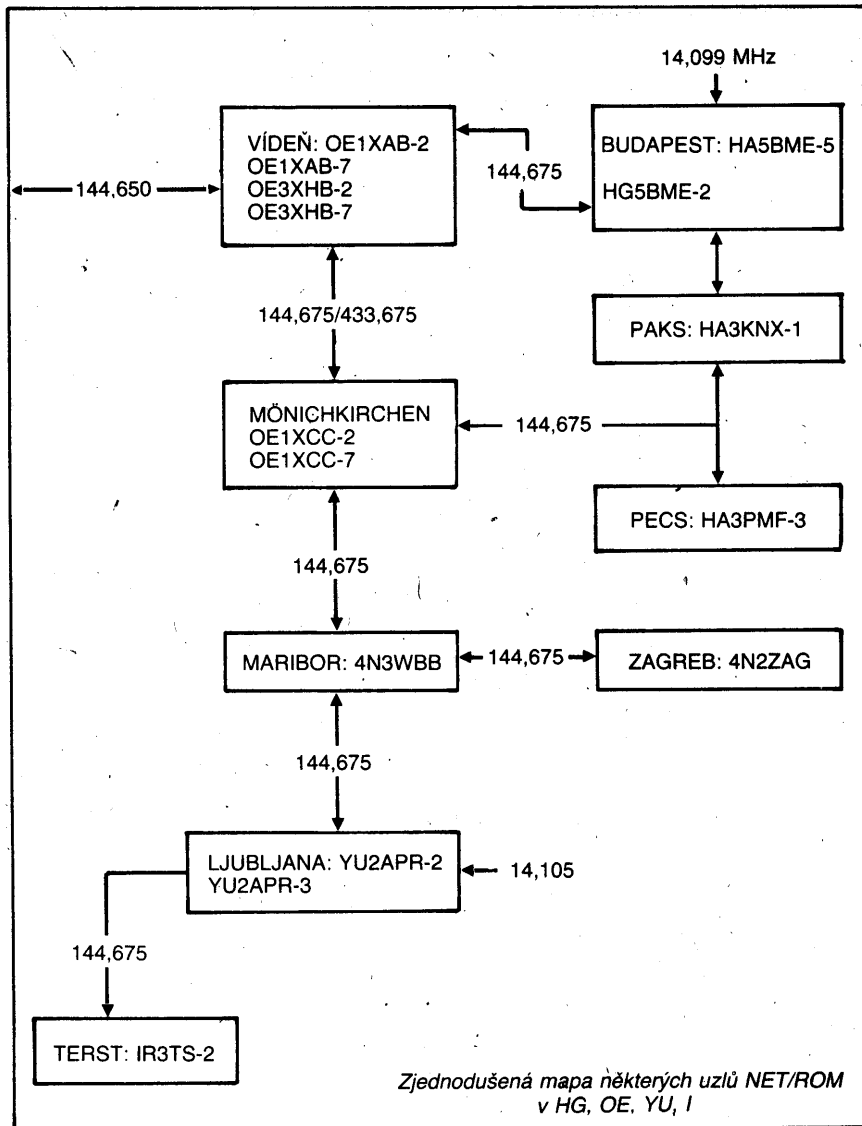
Popsání celého modelu ISO by překračovalo rámec tohoto článku, proto se omezíme jen na několik nejzákladnějších informací. Úroveň 3 obsahuje specifikaci vlastností sítě. Úroveň 2 stanoví protokoly používané jednotlivými účastníky při navazování spojení. V našem případě paket radia tomu odpovídá protokol AX.25.

Pro spojení s cílovým uzlem mu uživatel předá příkaz ke spojení s přijímací stanicí – jakmile jej obdrží, je spojení navázáno. Všechny případné kolize paketů na trase mezi jednotlivými uzlovými stanicemi jsou pro odesílatele nepodstatné, pro něj úkol skončil momentem, kdy paket byl převzat prvním uzlem. Také jednotlivé uzlové retranslační stanice potvrzují pakety jen mezi sebou a nečekají na potvrzení od následujících stanic. Na rozdíl od normálních převáděčových stanic se retranslace uskutečňuje podstatně rychleji a efektivněji. Pokud se vrátíme k již uvažovanému výpočtu s předpokladem průchodu informace bez opakování 90 %, je zde pro každou účastnickou stanicí výsledná pravděpodobnost rovná $0,9 \times 0,9 = 0,81$. Pokud bereme v úvahu využití uživateli z nejbližších a tím nejlépe přijímaných uzlových stanic, je to hodnota reálnější, než předchozí teoretická hodnota pro celou řadu retranslačních stanic. Větší efektivita sítě lze také dosáhnout používáním větší rychlosti přenosu na spojích mezi uzly. Na vyšších pásmech, 70 cm nebo 23 cm se používá rychlost přenosu 9600 Bd.

Je samozřejmé, že i zde některé ze vzpomenutých problémů zůstávají aktuální, i když již ne v takové míře. Uživatelé, kteří se vzájemně neslyší, i tak způsobují kolize paketů na vstupech uzlových stanic. Pokud je ale hustota sítě vhodně zvolena a dosahy jednotlivých uzlových stanic nejsou příliš velké, je pravděpodobnost kolizí podstatně menší. Dostatečné dimenzování na předpokládanou hustotu provozu a možnost využití různých kmitočtů sousedních uzlových stanic likviduje automaticky kolizní body, vznikající během práce převáděčových stanic.

Z výše uvedeného popisu je zřejmé, že uzlová stanice je „inteligentní“ – je vybavena vlastním počítačem k řízení její práce. Mimoto jsou nutné alespoň dva kontrolery TNC – jeden pracující v protokolu AX.25 a druhý se síťovým protokolem a také dva transceivery pro oba vzpomenuté kanály. Skromněji vybavené stanice používající svůj kmitočt i k retranslaci, používají jen jeden transceiver. Výkon stanice je obvykle do 10 W a používají se několikaprvkové antény Yagi nebo vertikální dipóly.

Existuje celá řada vybavení software, řídících práci uzlové stanice. Jedním z nejčastěji používaných je „NET/ROM“. Stanice NET/ROM vede vlastní evidenci uzlových bodů, kontroluje spojení v pravidelných časových odstupech, nepracující stanice vymazává z evidence, zatímco nové stanice automaticky do evidence zařazuje. Současně může vyhledávat nejvhodnější trasu pro požadované spojení s cílovým uzlem. Navazování spojení se stanicemi nacházejícími se v evidenci se děje podle síťového protokolu, s jinými podle protokolu AX.25. Současně může být obsluhováno 15 až 20 ama-



térských stanic. Každá amatérská stanice má po navázání spojení k dispozici tyto příkazy:

– **CONNECT |C|** značka stanice (např. C OK1VJG vyvolá pokus o navázání spojení s uvedenou stanicí. Pokud se spojení povede, stanice žádající spojení dostává hlášení „CONNECT TO OK1VJG“. Pokud ne, „FAILURE WITH OK1VJG“. Během pokusů o navázání spojení s požadovanou stanicí uzel používá znak volající stanice se změněnou sekundární identifikací – ta se vypočte odečtením originální identifikace od čísla 15. Pokud stanice sekundární identifikaci nepoužívá, (tzn. její sekundární identifikace je 0, bude to 15).

– **CQ text** – stanice je zapamatována jako volající CQ (všeobecnou výzvu) přes dalších 15 minut. Text je vyslán pod znakem individuální stanice s již změněnou sekundární identifikací. Příkaz je dostupný teprve pro stanice, které jsou vybaveny verzí 1.2 NET//ROM. Informace o stanicích volajících CQ je vysílána teprve po zadání příkazu USERS.

– **IDENT |I|** – způsobí vyslání vyvolávací značky, příp. zkrácené názvy uzlů. Např. jedna z vídeňských uzlových stanic má dodatečně označení WIEN2, budapešťský uzel BUD.

– **NODES |N|** – způsobí vyslání seznamu v daném momentě známých a aktivních uzlových stanic. Je také možné vyslání volací značky žádané stanice a v tom případě jsou vyslány max. 3 trasy k žádané stanici. O nejbližším uzlovém bodě ležícím na trase je podána dodatečná informace formou tří čísel. První číslo určuje kvalitu spoje mezi

dvěma body. Možné hodnoty leží v rozsahu 0 až 225, nejvyšší hodnota je podávána pouze pro stanice propojené kabelovým vedením. Druhé číslo je v rozsahu 0 až 6 a jeho hodnota se zmenšuje každou hodinu o 1 od doby ukončení práce uzlu – znamená to, že po uplynutí 6 hodin se uzel vyřazuje z evidence. Třetí číslo informuje o druhu spoje – 1 znamená kabelové spojení, 0 rádiové.

– **PARMS |P|** – vyše seznam zaprogramovaných parametrů stanice. Je to zajímavé pouze pro operátora příslušné stanice, a proto jejich podrobnější význam není podán.

– **ROUTES |R|** – vyše seznam bezprostředně spřažených uzlů. Dodatečné informace obdobné jako u NODES. Používá se teprve od verze 1.2.

– **USERS |U|** – vyše seznam aktuálních uživatelů uzlů. Ti jsou rozděleni do 4 skupin: UPLINK – uživatelé, kteří navazují spojení;

DOWNLINK – stanice volané jinými uživateli;

CIRCUIT – informace o uzlové stanici, která zprostředkovává spojení;

CQ – seznam stanic volajících CQ (pouze ve verzi 1.2). Vyslání jakéhokoliv jiného příkazu vyvolává plný seznam příkazů spolu s informací o instalované verzi software.

Pro budoucí uživatele sítě jsou zajímavé informace o uzlech, které je možné dosáhnout. Jsou to např. stanice:

HA5BME-5 – BUD – QTH Budapest, spojení se sítí VKV (144,625 MHz) stanicí **HG5BME-2** na 14,099 MHz. Další možná spojení jsou ve směru na OE, YU, I:

Elektronická poštovní schránka – MAILBOX

Jedním z důležitých článků sítě PR jsou tzv. mailboxy, elektronické schránky. Jak již sám název ukazuje, je možné v nich uschovávat zprávy, které si adresát může kdykoliv později přečíst. (U nás obecně není dosud vytvořen jednoznačný slovník pojmů z oblasti aplikované výpočetní techniky. Někdo používá cizí pojem mailbox, snad by bylo nejvhodnější užívat místo elektronická schránka jen krátké schránka – z kontextu musí být vždy jasné, o co jde, stejně, jako když mluvíme o odporu.) Dříve obvyklá oboustranná komunikace dvou partnerů – radioamatérů se mění na něco zcela jiného, na systém posílání zpráv, které si adresát přečte v době, která je pro něj vhodná. Mimoto se stále více rozšiřují různé typy bulletinů, zpráv, které jsou určeny většímu počtu adresátů. Je pochopitelné, že obsah

těchto zpráv musí být omezen tématy, která odpovídají povoleným podmínkám. Také je třeba uvážit, že jednotlivé zprávy, byť pro jednoho adresáta, si mohou přečíst všichni, kdo v daný okamžik jsou na příjmu a v dosahu vysílací stanice. Jediné adresát, nebo odpovědný operátor příslušné schránky mohou tyto informace vymazávat s ohledem na omezenou kapacitu paměti. Systém může také automaticky uchované zprávy, které nebyly po delší dobu čteny, likvidovat. Některé poštovní zprávy, povolující provoz schránek, požadují uchovávat kopie ukládaných informací po určitou dobu – bylo tak tomu i v Rakousku, tam vyžadovali uschovávání po dobu jednoho měsíce, ale naštěstí zde již byl tento předpis zrušen.

Schránky jsou mezi sebou propojeny sítěmi uzlových stanic – NOD („nódu“). Díky tomu

informace vysílané jednou z nich jsou automaticky přejímány dále podle toho, jakému okruhu příjemců jsou určeny. Podle druhu informace se také někdy automaticky po předání informace vymazávají. Celý systém postupného ukládání a vysílání má anglický název „store and forward“. S ohledem na obsazení pásma a mezistanic se tento provoz uskutečňuje v hodinách, kdy je provoz malý – obvykle v noci. Funkce schránek však není omezena jen na zde popsanou činnost. Umožňují i běžná spojení koncových stanic a tím doplňují síť uzlových stanic, řada z nich má několik vstupů – i na různých pásmech. Mimoto umožňují řízení neselektivních odposlechů na kmitočtu každého vstupu. Stanice, které slyšíme nebo které komunikují se schránkou, jsou registrovány a jejich seznam kdykoliv na požádání schránka vyšle. Mohou být též vyžádány informace o jednotlivých vstupech, jejich obsazování, o vybavení stanice.

Samotné vybavení stanice se skládá z počítače, který má alespoň dvě jednotky pružných disků, nebo pevný disk; dále jeden TNC na každý vstup a stejné množství radiostanic. S ohledem na poměrně nákladné vybavení stanic a předpisy, které v mnoha státech platí, uvádí do provozu tyto schránky obvykle kluby lokálního nebo širšího významu – jen ve výjimečných případech jednotliví radioamatéři. Obdobně jako u převa-

YU3APR-3 – LJU14, QTH Ljubljana. Spojení se sítí VKV (144,675 MHz) **YU3APR-2**, 14,105 MHz. Další možná spojení na HG, OE, I.

LA4LN-5 – OSLOHF – QTH Osloom 14,105 MHz, spojení se sítí VKV (144,625 MHz) stanicí **LA4LN-6**.

LA6HEA-1 – 3,549 MHz.

LA6OCA-8 – QTH Skien, 14,107 MHz, spojení se sítí UHF (433,650 MHz) sítí **LA6OCA-Z**.

LA3T – QTH Tromsø, 14,105 MHz.

SK2GJ-9 – QTH Kiruna, 14,105 MHz.

SK4NI-9 – QTH Karlstad, 14,105 MHz.

IK3CSU-9 – QTH Treviso, 14,105 MHz.

IK0CHU – QTH Monte Fiascone, 14,105 MHz.

HB9AC-1 – 14,105 MHz.

Stanice, používající uzel, musí znát přesnou volací značku požadované stanice spolu s příp. sekundární identifikací k navázání spojení. Pokud není informace dostatečná, je zde možnost použít příkaz CQ nebo vyslat příkaz na spojení s neexistující stanicí. I přes zápornou odpověď existuje možnost příjmu tohoto volání některou stanicí v požadované oblasti a iniciovat tak navázání spojení. Pro uživatele uzlu vybaveného verzí 1.1 programu „NET/ROM“ je to vlastně téměř jediná možnost. Jinou variantou je vyvolat některou známou schránku (mailbox) a využít informace v ní obsažené, nebo možnost monitorování pásma (poslechu). Možnosti, které nabízejí schránky, jsou široké.

Mimo stanic vybavených NET/ROM existuje ještě několik méně rozšířených systémů. Podrobný popis příkazů by nyní neměl velký význam. Pro navázání spojení se všude využívá příkaz CONNECT a většina z nich má také příkaz HELP [H] nebo [?], který nás informuje o celé škále použitelných příkazů. S ohledem na rozdíly v systémech se evidence známých uzlových bodů omezuje jen na stanice stejného systému. Vzájemná spojení mezi stanicemi různých systémů se musí iniciovat obdobně jako spojení mezi individuálními stanicemi.

Packet	VHF	Disconnected	Beacon: E 180	Mdm: ON	Mail: ON	16:57
CONVERSE	1200	S:01 U:00 R:00 CH:0				23:57
ALT-L:MiniLog			PgUp:Scroll Back		Home:Log	08/20/91

(a) LA1AAX og LA6ER (Pptr) staar paa samme UTH. Pga innbyr
LABPR-2)LABXGA:
des Rf1 er Tx paa
LA1AAX utkoblet naar LA6ER er i aktivitet.
(b) LA1FAX/LA1GAX er backbone til LAUH-1 rgn aksess til LAUH BBS.
(c) LA7BM-2 benytter felles TNC for begge frekvenser.
(d) LA4LN-5 og LA4LN-6 er parallell-koblet
LABPR-2)LABXGA:
LA4LN-5 skifter til 3.605 mellom
K1 1800 og 2100 nt, og til 14.099 mellom K1 0000 og 0900 nt.
DBS 20M er prioritert, og forhold der avgjør tidspunkt for skifte.
(e) LA2ACA-2 er en forports BNU-node for forbindelse til
LABPR-2)LABXGA:
ellom Rogaland og
F3:Search F1:Jump F2:Save ESC

Záznam provozu PR, který jsme do redakce obdrželi bez dalšího vysvětlení z Norska.

Abychom odstranili zbytečné blokování pásma a zbytečná zpoždění při přenosu paketů, doporučujeme navázat spojení s uzlovou stanicí v dané oblasti, i když uživatel zná trasu spojení. Většina současných uzlových stanic pracuje v pásmech VKV, kmitočty pro vstup a výstup leží většinou v pásmu 2 m nebo 70 cm, kmitočet spoje v pásmech 2 m, 70 cm nebo 23 cm. V některých státech (DL) experimentují se spojováním uzlu v pásmu 120 GHz. Spojení „crossband“ mezi KV a VKV jsou povolena jen v některých zemích (např. HG, YU, LA, SM, I).

Přerušení spojení s uzlovou stanicí se uskutečňuje podobně, jako u normálního oboustranného spojení příkazem DISCONNECT [D]. Další vývoj sítě PR mimo zprovozňování nových uzlů přinese jistě celou řadu technických změn. Jednou z nich bude přechod na spojení na vyšších pásmech VKV, zvětšení počtu uzlů, jejichž pracovní kmitočet bude v pásmu 70 cm. Další novinkou bude všeobecné používání větších rychlostí spojující uzly, běžně 4800 a 9600 Bd. Plánuje se i přechod na duplexní spojení, vznikne řada stanic umožňujících spojení s jinými sítěmi (crossband, příp. spojení přes satelitní síť – gateways). Zvláště zajímavé budou stanice v síti gateways, které umožní spojení prostřednictvím satelitů i stanicemi,

kteří nemají dostatečné technické vybavení. V satelitních spojích PR se využívají větší rychlosti přenosu a modulační PSK na rozdíl od modulací FSK nebo AFSK, používaných v pozemních spojích; přímé používání satelitů by proto znamenalo značné dodatečné investice na obou stranách. Podle záměru IARU by jedna ze stanic tohoto typu měla být instalována ve Vídni. Uvažuje se také o zprovoznění duplexních retranslačních nebo uzlových stanic, které by byly obdobně stávajícím fone (FM) převaděčům. Taková stanice by byla slyšitelná všemi uživateli a odpadl by tím problém kolize paketů přicházejících od stanic, které se vzájemně neslyší, a tím by se zvětšila propustnost kanálu. Umožňovalo by to také navázání lokálních spojení bez potřeby využívání sítě.

Doufám, že tento krátký popis sítě PR a jejich vlastností umožní čtenářům seznámit se s nimi a využívat těch, které jsou v Evropě již v provozu.

73! Krzysztof Dabrowski, OE1KDA
Kolo-Moser Gasse 16/19
A – 1220 Vídeň

Překlad upravil: Ing. J. Peček, OK2QX
Lektoroval: Ing. J. Grečner, OK1VJG

děčů, i zde existuje několik verzí programového vybavení, řidičů práci schránky. Nejrozšířenější je verze, kterou zpracoval americký amatér Hank Oredson z Bostonu, WORLI. První schránka, která byla takto zřízena, pracovala v pásmu 20 m na 14 080 kHz – první verze programu byla psána v jazyce ASSEMBLER pro Z80 v systému CP/M, poslední v jazyce „C“.

Ukážeme si dále část příkazů programu WORLI a několika dalších známých systémů. Ve všech se sice vyskytuje příkaz „HELP“ informující o souboru příkazů a jejich parametrech, avšak předávání těchto informací je zdlouhavé a časté volání zbytečně prodlužuje spojení a způsobuje nespokojenost u stanic, čekajících na spojení. Proto je třeba mít soubor těchto příkazů kdykoliv po ruce.

1.0. Systém WORLI (BBS – Bulletin Board System)

Přehled příkazů verze 4.2. „C“:

C	Předání volacího znaku mateřské schránky pro retranslaci (forwarding).
B	Přerušení spojení (bye), je však také možno použít příkaz pro lokální TNC „DISCONNECT“.
C – výstup ...	Spojení s daným výstupem pro vysílání v módu UNPROTO; je proto možné vysílat volání CQ a následně navázat oboustranné spojení. Je to důležité doplnění možnosti, které nabízí síť digipeatru. Jednotlivé výstupy se označují většími velkými písmeny A, B, ...
C volací značka	Příkaz ke spojení s určenou stanicí s použitím obvyklé cesty (path).
C výstup volací značka	Spojení s určenou stanicí požadovaným výstupem s možností udání cesty. Příklady: CA OE1XBL V OE3XHB C OE3XHB-3
Dd název souboru	Přečtení souboru (file) z katalogu (directory) d.
ET #	Změna záhlaví (header) informace sloužící k přenosu – např. CBBS, TITLE, nebo TYPE NTS Traffic.
G	Drivější příkaz spojení: Gateway, nyní viz „C“.
H	Help – informace o souboru příkazů a způsobu jejich využití.
H x	Informace o příkazu x.
H ?	Přesné vysvětlení všech příkazů.
?	Seznam příkazů.
? x	Seznam možností a parametrů příkazu x.
??	Seznam možností a parametrů všech příkazů.
I	Informace o hardware, software a vybavení stanice.
J vstup	Seznam stanic, které slyšíme na daném vstupu, pseudovstup „L“ – seznam stanic spojených se schránkou.
K číslo	Rušení zpráv s daným číslem (kill).
K M	Rušení vět, které byly adresátem přečteny (kill mine).
KT číslo	Rušení zpráv typu NTS a generování zpětných hlášení (return service message).
L	Seznam (výpis) nových zpráv od posledního spojení – ukazuje se v obráceném pořadí. Cizí soukromé zprávy nejsou uváděny. (S ohledem na předpisy by tyto zprávy vůbec neměly být uchovány.)
L?	Seznam nových zpráv typu „?“ Druh zpráv se označují takto: A – bulletin ARRL; B – bulletin všeobecné;

F – zvláštní zprávy, které se předávají neruší;

M – vlastní informace (zprávy);

P – soukromé zprávy;

T – zprávy typu NTS.

Přehled zpráv, začínajících daným číslem.

Seznam ostatních zpráv.

L číslo

LL množství

Formát seznamu:

Msg #TR Size To From BBS Date Title
TR – shora uvedené druhy + N/Y čtené / nečtené.

Speciální varianty

L > značka	Zprávy pro stanici uvedené značky.
L < značka	Zprávy od stanice uvedené značky.
LC značka BBS	Zprávy zprostředkovávané přes BBS. Schránky se rovněž označují zkratkou BBS (Bulletin Board System).
LF	Všechny převáděčem předávané zprávy.
LH	Seznam všech zpráv, které vlastnime.
LO	Seznam všech „starých“ zpráv.
LY	Seznam všech přečtených zpráv.
M	Monitorování. Seznam dostupných výstupů.
Mvstup	Monitorování paketů na zadaném vstupu.
N jméno NE	Zadání vlastního jména. Přepnutí na „expert user“ status s návratem (střídavě).
NH značka	Zadání značky nejbližší schránky.
NZ	Zadání vlastního poštovního kódu pro zjednodušení retranslace (zatím se nepoužívá).
P značka	Informace o trase užitě při posledním spojení s uvedenou stanicí.
R číslo	Čtení zpráv s daným číslem (read).
RM	Čtení všech vlastních, dosud nečtených zpráv.
RH číslo	Čtení zpráv s udáním cesty retranslace (routing header).
S? značka CBBS	Volání zprávy typu „?“ do zadané stanice schránkou BBS. Schránka žádá název a text. Ukončení je (EOF) ^Z (ctrl-Z).
T	Druhy zpráv typu „?“ viz L? Vyvolání operátora stanice, nejčastěji pomocí zvonku – bzučáku (talk). Každý příkaz, který se posílá následně, končí „talk“ a zpět se vrací do schránky.
U název souboru	Vyslání souboru s daným názvem (upload). Např.: UC WESTNET. BBS. Nepřijímá se, pokud soubor existuje.
V	Ukázání verze software (version).
Wd	Seznam katalogů (what). Seznam souborů v daném katalogu „d“.
WD ffff.xxx	Seznam souborů v daném katalogu odpovídajících specifikaci. Jsou přípustné „wildcards“ zastupující část názvu souboru a umožňují nalezení souboru s ob-

dobným názvem, nebo neznáme-li správný název. Extended menu.

X

Seznam katalogů: WORLI 4.2

-WA:	informace ARRL;
-WB:	programy v jazyce BASIC;
-WC:	informace o AMSAT, OSCAR;
-WD:	D zprávy;
-WE:	popisy schránek;
-WF:	zprávy vztahující se k paket rádiu;
-WG:	informace lokálního klubu;
-WH:	informace týkající se PC;
-WI:	informace týkající se jednotlivých sdružení nebo skupin;
-WJ:	informace týkající se Commodore C64/128.

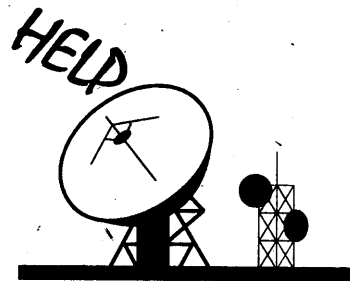
Všeobecně rozlišujeme dva druhy informací:

- Informace krátké (zprávy). Jejich seznam se ukáže příkazem „L“, rušení „K“, posílání „S“ a čtení „R“.
- Informace delší, např. programy ap. umístěné ve standardních katalozích posílané příkazem „U“, čtené „D“ a jejich seznam je dostupný přes „W“.

1.1. Přehled příkazů schránek typu OE5DXL

(Tento systém používají prakticky jen ra-
kouské stanice)

D značka	Výpis obsahu schránky (dir).
D název katalogu	Obsah daného katalogu.
D M	Seznam zpráv, který je obsažen v katalogu (dir messages).
D A data	Seznam zpráv od uvedeného data (dir after).
D N	Seznam nových zpráv od posledního příkazu D (dir news).
D B	Seznam katalogů (dir boards).
D U	Seznam zpráv pro jednotlivé uživatele (dir users).
D P	Seznam cest, které se užívají pro retranslaci (dir path, „forwarding“).
R znak katalogu	Čtení vlastních zpráv nebo zpráv z daného katalogu (read).
R katal. oblast_nr	Čtení zpráv z daného katalogu, možnost předání skupiny čísel.
R katalog	Zjednodušená forma předešlého příkazu.
S	Odeslání zprávy. Další možnosti mají formu dialogu (send).
S značka dny	Odeslání zprávy stanici zadané značky.
zkratka	Doplňková informace – (nemusi být) určuje počet dnů, po kterých může být automaticky zrušena. Standardních bývá 60 dnů. Zkratka usnadňuje orientaci jiným uživatelům. Přidáním + do znaku adresáta zabezpečuje zprávu před zničením jinými uživateli. Cíl retranslace se udává dodatečně po značce adresáta v podobě: C značka.schránky.adresáta.
S katalog	Umístění zprávy v daném katalogu.
G	Gateway mod – opuštění schránky a přechod na uzlovou stanici.
L	Dnešní deník.
L datum	Deník spojení z daného dne.
L značka	Deník spojení se stanicemi uvedené značky.
F	Volné místo na disku stanice (free).
U	Seznam aktuálních uživatelů schránky (users).
CHAT výstup text	Hlášení o délce jedné řádky vysílané zadaným výstupem.
T	Datum s časem UTC (time).
Q	Ukončení práce (quit).
H D	Vysvětlení daného příkazu.
H R	
H S	
H A	
H G	



BBS

F6FBB V5.12

Titulní strana příručky určené uživateli BBS (Bulletin Board System) stanice OK1VJG-1 v Praze. Tato BBS je v experimentálním provozu od 1. 1. 1991. Publikace v rozsahu 37 stránek obsahuje výpisy nápovědy (HELP) k jednotlivým příkazům a komentáře, které přístupnou formou pomohou především začínajícím OMS v orientaci v příkazech BBS. Užitek z ní však mají všichni uživatelé BBS, neboť se jejím používáním snižuje počet volaných HELP v BBS a tím se urychluje provoz.

Z francouzského originálu přeložil Ján, OK1VJG, lektoroval František, OK1HH, sazbu a grafickou úpravu zajistil Tomáš, OK1DXD, technické prostředky poskytl bezplatně DTP studio, spol. s r. o. v Praze. Příručka je zájemcům k dispozici na požádání zdarma, klub PR však uvítá přiměřené finanční dary (30 Kčs) od svých příznivců. Distribuci zajišťuje radioklub OK1KSD, Miro Sedlák, Nechvilova 1834, 149 00 Praha 4. Pozornost si zaslouží skutečnost, že uvedené nápovědy (HELP) byly z BBS ke stanici OK1DXD přeneseny provozem paket radio. Ano – knížka, přenesená rádiem. Ostatně, proč ne?

aktivita; ideální je, pokud je zajištěna nepřetržitá práce. Jinak je třeba koordinovat tento čas i se sousedními schránkami, které se účastní retranslace. Povinnosti operátora je také zajistit bezpečnou práci stanice – tzn. běžnou kontrolu práce, opravy, prohlížení uchovávaných informací, zabezpečení místa pro nové zprávy, instalace nových, lepších verzí programu, hledání a odstraňování chyb v programech, rušení informací, které neodpovídají předpisům o radioamatérské komunikaci, nahrávání kopií zpráv pro kontrolu oprávněných organizací. Odpovědný operátor takové schránky je povinen poskytovat informace, zájemající uživatele – např. informace z jiných, těžko dostupných schránek, časopisů, místních bulletinů, vlastní úvahy a zjištění, nebo nejnovější informace získané odposlechem na pásmech. Často se setkává s otázkami uživatelů – prosbami o radu, hlavně od začínajících operátorů. Zásady radioamatérského hamspiritu požadují poskytnutí odpovědi a pochopitelně dát příklad dobré operátorské techniky.

Kromě pozemních schránek poskytují zajímavé možnosti i schránky na radioamatérských družicích. Např. japonská JAS-1 je vybavena schránkou, kterou známe jako

A Alter – vyslání zprávy si uživatel pro sebe rezervuje část schránky a následovně příkazem Alter určuje jeho parametry a způsob přihlášení ve stanici.
Alter Lines určuje délku rezervace, vyjádřenou v počtu řádků textu. Alter Help určuje délku textu přihlášené stanici. Zkušební uživatelé nepotřebují vždy celý seznam příkazů, vyslání tohoto seznamu se vyžádá přes Alter Help 1. Alter Command zajistí provedení daného příkazu automaticky při každém spojení (např. Alter Read). Alter Alias 'značka', 'značka', ... max. 4 značky opravňuje zadané stanice na zrušení zpráv ve své paměti. Alter Forward značka.BBS předává oblasti vlastní paměti do dané schránky.

1.2. Systém WA7MBL

Tento systém se používá hlavně při spojení přes maďarské, francouzské a norské schránky, především na pásmech KV. Je odvozen od systému WORLI a zdokonalen Jeffem Jacobsonem pro počítače IBM-PC. Z hlediska uživatele je mnoho příkazů shodných se systémem WORLI. Program je napsán v jazyce TURBO PASCAL.

A	Abort – přerušení vyslání zpráv.
B	Bye – ukončení spojení se schránkou.
D	Download – čtení souboru dat.
I	Odeslání informací o stanici.
J	Přehled slyšených stanic: JA na vstupu A, JB – na vstupu B atp. JK – seznam stanic ve spojení.
L	Seznam zpráv ...
LM	... pouze vlastních,
LN	... nových,
LT	... typu NTS.
LL množství	Dané množství ostatních.
L < (>) značka	Zprávy od (pro) dané stanice.
L číslo	Zprávy ze seznamu, od daného čísla.
H	Help – vysvětlení příkazu.
KM	Kill Mine – rušení vlastních zpráv.
N	Udání vlastního jména.
R číslo	Čtení zprávy s daným číslem.
RM	Read Mine – čtení zprávy adresátem.
R N	Čtení jen nových zpráv.
S	Send MSG – vyslání zprávy ...
S značka	... př. stanici s udanou značkou.
SP značka	... soukromé zprávy
S značka C značka.BBS	... prostřednictvím dané schránky.
S ALL	Bulletin všem.
T	Talk – spojení s operátorem schránky.
U	Odeslání souboru do schránky.
V	Verbose – verse software, přesnější informace o retranslaci.
W	Přehled obsahu katalogu.
X	Spojení na „expert status“.
Y	Vyslání souboru ve strojovém kódu.
YW	Přehled obsahu výše uvedených souborů ...
YN	... jen nových,
YD	... čtených.
YU	Translace do schránky.

Schránky, které pracují v rozsahu krátkých vln, mají často jen podsoubory výše uvedených příkazů – např. A, B, H, KM, RM, RN, S, T, V. Během navazování přímých spojení je velmi zajímavá skupina příkazů C, M, J, v systému WORLI nebo analogicky

v jiných systémech. Tato skupina umožňuje seznámení s vybavením schránky (s množstvím a frekvencí práce jednotlivých vstupů), odposlech na požadovaném vstupu, který poskytuje informace o stanicích v daném momentě aktivních, vyslání volání CQ a také umožňuje dát podnět ke spojení s danou stanicí. Tyto příkazy určují požadované doplnění možností, poskytovaných uzlovými stanicemi, které jsou v systémech NET//ROM dosti skromné. Mimo nových, ve srovnání s ostatními druhy práce zajímavých možností jako uschování a retranslace „elektronických dopisů“, má velký význam i dialog přímo vedený s korespondujícím, a to nejen v amatérských spojeních.

Pro správné využívání sítě uzlových stanic a schránek mají důležitý význam aktuální informace o jejich stavu. Zprávy, podávané obvykle v různých časopisech, ztrácejí rychle svou platnost. Během poměrně krátkého časového období se zřizují nové stanice, jiné se ruší pro poruchy nebo jejich rekonstrukce. Avšak vždy je možné získat aktuální zprávy právě díky schránkám – ať již v podobě krátkých záznamů, nebo i plošných map. Obvykle i lokální bulletin jsou zajímavé pro širší okruh radioamatérů i v okolních státech. V řadě schránek najdeme oznámení o nabídce zařízení, nebo partnery se společnými zájmy. Spojení prostřednictvím schránek hraje stále větší roli v amatérském provozu.

Před uvedením nějaké schránky do provozu je třeba zvážit celou řadu skutečností – např. odpovědnost za její činnost, užitečnost pro danou skupinu amatérů, situaci na pásmu, vliv zvýšené aktivity v daném kanálu na práci v jiných schránkách.

Dále se podíváme na některé problémy, abych usnadnil vznik nových schránek, které by měly plnit svou úlohu vzhledem k velkému zájmu radioamatérů. Před uvedením do provozu je především nutné analyzovat skutečné potřeby jejich služeb. Je třeba vzít v úvahu dostupnost jiných schránek v daném území a stupeň jejich obsazení. Pokud dáváme do provozu v širokém okolí jedinou schránku, pak je případ jednoznačný. Důležité je také získat informace o tom, kolik bude potenciálních uživatelů. Pokud jsou dostupné jiné schránky, pak je třeba se zamyslet nad tím, jaký bude přínos nové schránky. Bude mít její operátor nebo skupina operátorů odpovídající za přístup ke zprávám také přístup ke zprávám nedostupným jiným operátorům? Bude zřízení znamenat možnost spojení na jiných pásmech? (Zvláště atraktivní jsou možnosti převodu KV/VKV.) Kmitočet musí být odpovídající kmitočtu nejčastěji používanému v dané oblasti, jestliže na něm nejsou jiné schránky nebo intenzivní lokální provoz. V takovém případě je pak vhodnější volba sousedního kanálu. Pokud se předpokládá retranslace zpráv do jiných schránek, je nutné sjednotit kmitočty se všemi schránkami, se kterými se počítá, příp. s uzlovými stanicemi, které zprostředkovávají předávání informací. Je-li dostatek finančních prostředků, příp. technických prostředků, je vhodné zřídit druhý TNC pro retranslaci zpráv na jiném kmitočtu než je pracovní kmitočet schránky. Také je třeba zabránit, aby při provozu zprostředkovaném schránkou nebyl blokován daný kmitočet. Není dobré posílání dlouhých vstupních textů, zdvořilosti, vyvolávání „HELP“ bez konkrétního udání příkazu, požadovat používání příliš dlouhých příkazů. To vše snižuje dostupnost schránky pro jiné radioamatéry a celkově znesnadňuje práci. Důležitá je také vhodná volba parametrů TNC, která bere v úvahu specifiku práce schránky a zkracuje případný neproduktivní čas.

Z hlediska uživatele je důležitá doba, kdy je možné schránku používat. Je žádoucí, aby to byla doba, kdy je na pásmu největší

Nyni se prave nachazis v BBS.

```

0:OK1VJG BBS (A,B,C,D,F,G,H,I,J,K,L,M,N,O,R,S,T,U,V,W,X,Y,Z) >
?i

Prikaz "I<enter>"
-----
vyda zakladni informace o systemu BBS:

* QTH BBS.
- Popis technicke casti.
- Typ programoveho vybaveni.
- Udaje o portech.
- disponibilni jazykove verze.

0:OK1VJG BBS (A,B,C,D,F,G,H,I,J,K,L,M,N,Q,R,S,T,U,V,W,X,Y,Z) >
i

vicekanalovy BBS stanice OK1VJG-1
Soft F6PBB V5.12

BBS nabizi:
1 port: 8 kanalu ' na f= 144.625 Mhz
QTH BBS je Praha 6, QRA: .. J070EC
Cas UTC : 17:27 (HH:MM)
Nyni jsou aktivni: .... 0 kanal(y)

stanice OK1VJG je na .. 0 kanalu
aktivni vzkazy: ..... 88
posledni vzkaz: ..... 366
Cas propojeni: ... 41mn 28s (m:s)
Cas pocitace : ... 3mn 05s (m:s)
0:OK1VJG BBS (A,B,C,D,F,G,H,I,J,K,L,M,N,O,R,S,T,U,V,W,X,Y,Z) >

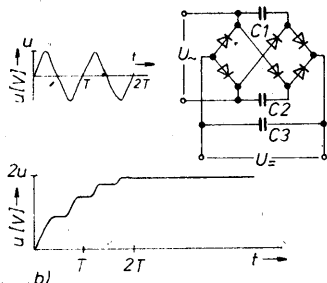
```

```

0:MENU (B,C,D,F,N,Q,T,T?) >
C
0: STATISTIKA QSO-PR (B,F,G,H,I,J,L,O,?) >
9
98 Aktivnich vzkazu
1412 Propojeni pocinaje od 19-Dub-91
Prumerna delka propojeni      : 6mn 12s
Pocet propojeni za den        : 16
intenzita provozu je nejvyssi : 19h a 14h
0: STATISTIKA QSO-PR (B,F,G,H,I,J,L,O,?)

```

◀ **Příklad služeb SERVER.** Příkaz „C“ – statistický přehled spojení s BBS, obsahující: „G“ – statistika QSO; „J“ – obsazení serveru ve dnech; „I“ – seznam všech uživatelů BBS



34

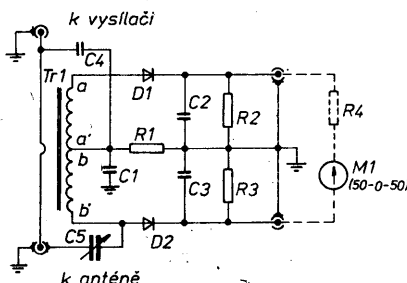
Fázoměr

V časopise Ham Radio z června 1990 vyšel zajímavý článek v části, která se jmenuje „The weekend“, přináší zajímavé projekty, které se mohou přes víkend realizovat; tentokrát z pera Joel Eschmanna, K9MLD, a Toma Rehma, K9PIQ. Mohl by být zajímavý i pro naše amatéry, přinášíme proto jeho popisnou část...

Ne, nebojte se, není to opět jeden z měřičů ČSV, kterých lze najít na stránkách radioamatérských časopisů bezpočet. Popisovaný fázoměr je diskriminátor obdobný těm, které známe z přijímačů FM, ale aplikovaný pro vysílací techniku. Detekuje fázový úhel mezi napětím a proudem ve ví napájecím vedení. Když použijeme jako měřidlo přístroj s nulou uprostřed, ukáže nám přesné rezonance, nebo potřebné doladění. Pokud jste naladěni pod rezonančním kmitočtem, přístroj ukáže výchylku vlevo, když nad ním, je výchylka na opačnou stranu. Při rezonanci musí být napětí i proud ve fázi, výchylka je tedy nulová. Velikost výchylky závisí jednak na velikosti rozladění, jednak na přenášeném výkonu. Zařízení připojujeme do série s napájecím vedením, nebo do napájecího bodu antény. Fázoměr může být zapojen stále, neobsahuje žádné baterie, které by se vyčerpávaly.

Některé praktické aplikace:

- lze jej využít jako indikačního prvku pro anténní tunery, který přímo ukazuje, zda je zapotřebí indukčnost zvětšit nebo zmenšit. Velmi vhodný je při mobilním provozu;
- diskriminátor pro konstrukci automatického anténního tuneru;
- pomocný prvek při doladování směrových systémů, jejichž prvky jsou napájeny přes fázovací vedení;
- ukazatel momentálního stavu používané antény. Fázoměr je citlivější a ukáže daleko dříve odchylku od normálu, než bychom to poznali na měřiči ČSV.



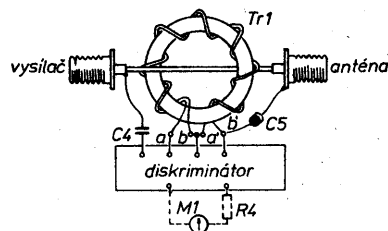
Obr. 2. Část diskriminátoru

Kalibrace

Ke kalibraci potřebujeme jen umělou zátež. Budeme ji napájet výkonem asi 100–150 W přes fázoměr. Vstupní konektor, na který přivádíme signál z vysílače, je ten, kde je připojen kondenzátor C4. C5 nastavíme tak, aby výchylka měřidla byla nulová. Pokud se to nepodaří, připojíme C5 na opačnou stranu transformátoru (podle schématu do bodu a) a postup opakujeme. Teď by se to již mělo podařit a tím je kalibrace hotova. Nastavení vyhovuje \pm několik kHz kolem kmitočtu, na kterém jsme kalibrovali.

Schéma na obr. 1 je optimální pro pásmo 80 m a vyhoví i s poněkud menší citlivostí na pásmu 40 m. Pokud vysíláte více v pásmu 40 m, použijete Tr1 jen s osmi závity. Bez problémů by mělo být užití tohoto přístroje při výkonech 100 W; pokud je běžně používaný výkon o řád nižší, bude výhodnější zvětšit citlivost měřidla a použít stejnosměrný zesilovač – ale to již není stavba na víkend...

qx



Obr. 1. Princip zapojení fázoměru

Použité součástky

C1	100 pF keramický, bezindukční
C2, 3	0,1 μ F
C4	5 pF/500 V, keramický, slídový
C5	kond. trimr. max. 50 pF
R1	12 k Ω /0,25 W – pro zlepšení citlivosti možno nahradit tlumivkou asi 2,5 mH
R2, 3	0,1 M Ω /0,25 W
R4	asi 10 k Ω , k úpravě citlivosti měřidla
D1, 2	libovolné diody Ge
Tr1	dvě bifilární vinutí po 15 z, drát \varnothing 0,4 mm na feritovém kroužku N1 s vnějším \varnothing 18 mm nebo méně



Rok 1990 přinesl několik úspěšných expedic do vzácných zemí, které dlouhou dobu nebyly obsazené nebo aktivované radioamatéry. Jednou z nich byla i expedice kuwaitských radioamatérů do nové země DXCC, která vznikla sloučením dvou původních jemenských států. Expedice pod značkou 701AA pracovala přes tři týdny z Jemenu. Přes počáteční problémy se zvládnutím obrovského pile-upu stanic z celého světa operátoři v čele s 9K2CS situaci zvládli ke spokojenosti mnoha desítek tisíc radioamatérů na celém světě. Pracovali většinou provozem SSB. Bohužel po návratu 9K2CS a jeho přátel 9K2DF a 9K2EC domů byla jejich země přepadena iráckými vojsky, která okupovala Kuwait na dlouhou dobu. Členům expedice 701AA se však podařilo včas odejít do Saúdské Arábie. Deníky z jejich expedice však zůstaly v Kuwaitu a zdálo se, že nebude možnost spojení této expedice potvrdit QSL-listky. Avšak po osvobození Kuwaitu vojsky OSN a po návratu 9K2CS domů byly deníky nalezeny nepoškozeny. Poté byly zpracovány na počítači a QSL agendu rychle vybavila německá radioamatérka DL2BCH.

OK2JS

W4VN/5

NAVASSA ISLAND

Na QSL-listku je zajímavý letecký snímek části ostrova Navassa. Při expedici W0EXD v roce 1990 tento snímek pořídil jeden z účastníků, dr. Richard Brown. Navassa se nachází ve skupině ostrovů mezi Jamajkou a Haiti. Prvním jeho evropským objevitelem byl K. Kolumbus. Teprve v roce 1852 byl však prohlášen za americké svrchované území. V roce 1917 byl na Navasse postaven maják a byla zanešena do námořních map jako ostrov, kde je možné přistát. Nejvhodnějším místem pro zakotvení lodí je právě část ostrova na snímku, nazvaná Lulu Bay.

OK2JS

VÝPOČET ELEKTRONICKÝCH OBVODŮ

Výpočet malých vzduchových cívek

Kamil Kraus

V článku jsou udány Lagrangeovy aproximační polynomy, pomocí kterých lze jednoduchým způsobem vypočítat počet závitů nebo vlastní indukčnost jednovrstvových vzduchových cívek, jak je ukázáno na příkladech. Získané číselné hodnoty jsou porovnány s hodnotami uváděnými v tabulkách, výsledky příkladů jsou porovnány s výpočtem cívek, uvedeným v literatuře.

Převážná většina radioamatérů se mnou vysloví souhlas, řeknu-li, že velkým problémem v jejich praxi je výpočet počtu závitů, popř. vlastní indukčnosti malých jednovrstvových vzduchových cívek, přestože na toto téma byla v odborných časopisech publikována řada článků. Většina prací vychází z nomogramů, tedy z grafické závislosti vlastní indukčnosti na parametrech cívky, a jak je při každém čtení číselných hodnot z grafů obvyklé, přesnost výsledku závisí na přesnosti čtení a na přesnosti samotného grafického zobrazení. Je málo známo, že problém exaktního výpočtu indukčnosti cívek byl již podrobně vyřešen ve dvacátých a ve třicátých letech 1. a numerické výsledky, plynoucí z poměrně náročné matematické analýzy, byly později tabelovány v poměrně málo dostupné knize 2. Na základě těchto tabulek byly vypočítány Lagrangeovy aproximační mnohočleny, uvedené v tabulkách I. a II., pomocí kterých lze vypočítat počet závitů, popř. indukčnost malých vzduchových cívek bez užití metod interpolace pro jakoukoliv hodnotu předpokládaného poměru průměru cívky k její délce.

Předpokládáme, že je cívka definována těmito parametry: indukčností L (henry), průměrem d (mm), délkou l (mm), počtem závitů n a permeabilitou vakua μ_0 (Vs/Am), kde $\mu_0 = 1,256637 \cdot 10^{-6}$ Vs/Am, přičemž uvedené mnohočleny vyjadřují závislost

$$P(x) = \frac{4\pi L}{\mu_0 n^2 d}$$

kde $x = d/l$, resp. $x = l/d$. Z toho hlediska jsou cívky rozděleny do dvou kategorií: dlouhé cívky pro $d/l \leq 1$ (tab. I), ploché cívky pro $l/d \leq 1$ (tab. II). Z podmínek klasifikace a z podmínek aproximace byl interval pro $x = 0,00$ až $x = 1,00$ rozdělen na pět dílčích intervalů: 0,00; 0,20; 0,20; 0,40; 0,40, atd. Přesnost polynomu lze ověřit porovnáním vypočítaných hodnot s hodnotami uvedenými v tabulkách 2.

Např. pro $x = 0,42$ dostaneme s užitím polynomu č. 3 z tab. I hodnotu $P(0,42) = 3,496083927$, zatímco tabulková hodnota pro $x = 3,496$.

Pro $x = 0,63$ s užitím mnohočlenu č. 4 (tab. II) dostáváme $P(0,63) = 9,1090832$, tabulková hodnota pro $x = 0,63$ je 9,109. Ze srovnání vyplývá, že přesnost aproximačních polynomů je velká. Výjimku tvoří polynom č. 1 (tab. II), který např. pro $x = 0,17$ dává hodnotu $P(0,17) = 16,56989474$, zatímco tabulková hodnota je 16,779. Tato difference je způsobena velkou odchylkou

skutečného průběhu funkce od průběhu křivky vyjádřené polynomem, což plyne ze skutečnosti, že pro $x = 0,00$ je tabulková hodnota funkce nekonečně velká, zatímco pro $x = 0,01$ je už pouze 34,50; neboli v intervalu 0,00; 0,01 má skutečná křivka příliš strmý průběh a nelze ji přesně nahradit Lagrangeovým polynomem. Přiblížit se skutečnému průběhu by bylo možné, kdyby zmíněný interval byl aproximován metodou nejmenších čtverců, což přesahuje rámec článku. Navíc difference, plynoucí výpočtem číselných hodnot s užitím tohoto polynomu, nemají v technické praxi valný vliv na chování reálných cívek.

Všimněme si dále vztahu (1), který vyjadřuje závislost mezi čtyřmi parametry cívky: $x = d/l$, d , L , n ; neboli vztah (1) může být užit k výpočtu jednoho parametru, jsou-li tři zbývající parametry známy. V praxi se většinou setkáváme se situací, kdy známe požadovanou vlastní indukčnost L a potřebujeme vypočítat příslušný počet závitů cívky. V tomto případě volíme buď x a d nebo d a l . Je ovšem možná varianta jiná: známe např. l , d , a potřebujeme vyčíslit hodnotu L . Řešení

obou těchto případů ukážeme na následujících příkladech.

Příklad 1

Pro požadovanou vlastní indukčnost $L = 200$ nH máme vypočítat příslušný počet závitů n .

Volíme rozměry cívky: např. $l = 20$ mm a $d = 5$ mm. Předpokládáme-li, že cívka bude navinuta drátem o průměru 1 mm, je střední průměr cívky, s nímž je třeba počítat, $d' = 6$ mm. Pro tyto hodnoty je $x = 6/20 = 0,3$; pro výpočet uijeme polynom č. 2 v tab. I a vypočítáme hodnotu $A = P(x = 0,3) = 2,617000303$ a vztah (1) přepíšeme do tvaru

$$n = \sqrt{\frac{4\pi L}{\mu_0 A d}} \quad (2)$$

Dosadíme-li do vztahu (2) číselné hodnoty pro L , μ_0 , A , d , vypočítáme $n = 10,44 \approx 10$ závitů.

Srovnáme-li tuto hodnotu s hodnotou vypočítanou pro stejný případ v 3, zjistíme naprostou shodu výsledku.

Příklad 2

Pro hodnoty $n = 10$, $l = 20$ mm, $d' = 6$ mm máme vypočítat L příslušné vzduchové cívky. Pro výpočet uijeme číselné hodnoty A z příkladu 1 a vztah (1) přepíšeme do tvaru

$$L = \frac{\mu_0 A n^2}{4\pi} \quad (3)$$

Dosadíme-li do vztahu (3) příslušné číselné hodnoty, které byly zadány, vypočítáme $L = 183$ nH ≈ 200 nH. Ve stejném příkladu v 3 je vypočítána $L = 200$ nH. Difference mezi oběma hodnotami je způsobena řešením pomocí nomogramu v příkladu 3. Celý

Tabulka I. Lagrangeovy polynomy pro $x = d/l$ v intervalu od $x = 0,00$ do $x = 1,00$

	0,00; 0,20
č. 1	$P(x) = -1,33333x^4 + 1,73333x^3 - 4,256667x^2 + 9,87266667x$
	0,20; 0,40
č. 2	$P(x) = 6,66663x^4 - 6,03x^3 - 1,41666x^2 + 9,425x + 0,025$
	0,40; 0,60
č. 3	$P(x) = -13,33337x^4 + 28x^3 - 24,36663x^2 + 16,58997x - 0,833$
	0,60; 0,80
č. 4	$P(x) = 20,0x^4 - 55,3333x^3 + 55,15x^2 - 17,64167x + 4,76$
	0,80; 1,00
č. 5	$P(x) = -26,66663x^4 + 96,0x^3 - 130,9337x^2 + 85,11x - 16,716$

postup řešení jednovrstvových vzduchových cívek, který byl ilustrován na příkladech, shrneme do následujících tří bodů, které umožňují řešit uvedený problém takřka mechanicky:

1. Stanovíme poměr $x = d/l$, resp. poměr $x = l/d$.
2. Pro zvolený poměr x vybereme z tab. I nebo II příslušný polynom a vypočítáme příslušnou hodnotu $A = P(x)$.
3. Hledaný parametr cívky určíme ze vztahu (2) nebo (3).

Literatura

- [1] Müller, K. F.: Archiv für Elektrotechnik 17, 1926, s. 336 až 353.
- [2] Jahnke-Emde: „Tafeln höherer Funktionen.“ Teubner Verlag, Lipsko 1952, s. 87 až 90.
- [3] Rathke, H.: „Vereinfachte Induktivitätsbestimmung kleiner Luftspulen.“ UKW-Berichte 19, 1979, č. 3, s. 158 až 159.

Tabulka II. Lagrangeovy polynomy pro $x = l/d$ od 0,01 do 1,00

	0,01; 0,20
č. 1	$P(x) = 48243,10777x^4 - 25534,88722x^3 + 5007,47193x^2 - 481,3160902x + 38,83746617$
	0,20; 0,40
č. 2	$P(x) = 213,3333334x^4 - 341,3333x^3 + 227,8667x^2 - 87,44667x + 26,547$
	0,40; 0,60
č. 3	$P(x) = 26,6666667x^4 - 72,0x^3 + 81,1333333x^2 - 51,64x + 29,243$
	0,60; 0,80
č. 4	$P(x) = 20,0x^4 - 62,0x^3 + 77,95x^2 - 52,865x - 23,828$
	0,80; 1,00
č. 5	$P(x) = -4,0x^4 + 14,8x^3 - 22,27x + 18,264$

Eliptická pásmová propust

Kamil Kraus

V článku je udán jednoduchý způsob návrhu eliptické pásmové propusti pomocí tabulek normalizovaných dolních propustí. Poněvadž pásmová propust je vytvořena spojením dolní a horní propusti, je v této souvislosti vysvětlena transformace normalizované dolní propusti na horní propust.

Když německý inženýr Cauer uveřejnil před několika desítkami let svoji studii o eliptických filtrech, matematikové společnosti Bell Telephone Laboratories v New Yorku strávili následující měsíc v Metropolitní knihovně studiem teorie eliptických funkcí, aby byli vůbec schopni studii porozumět. A právě poměrně obtížná matematika je příčinou, proč se eliptických filtrů dodnes užívá jen v omezené míře, přestože již byla publikována řada tabulek normalizovaných dolních propustí, umožňujících návrh filtru bez složitých výpočtů. Výklad návrhu eliptického filtru je konečným cílem článku. Před tím je však třeba zodpovědět otázku, v čem je eliptický filtr výhodnější ve srovnání s jinými typy filtrů, například s filtry Čebyševovými. Právě ve srovnání s Čebyševovými filtry vykazuje Cauerův filtr strmější průběh útlumové charakteristiky, z čehož vyplývá, že Čebyševův filtr může být nahrazen eliptickým filtrem nižšího stupně, což je ekonomicky i konstrukčně výhodné.

Normalizovaná eliptická dolní propust

Z matematického hlediska je mezi Čebyševovým a Cauerovým filtrem následující rozdíl: zatímco je přenosová funkce Čebyševova filtru aproximována Čebyševovým polynomem, je přenosová funkce eliptického

filtru vyjádřena racionální lomenou funkcí, kterou zapíšeme ve tvaru

$$F(p) = \frac{p^2 + \omega_s^2}{p^2 + 2\delta p + \omega_p^2}, \quad (1)$$

kde $p = j\omega$.

Řešením rovnice $p^2 + \omega_s^2 = 0$, dostáváme nulové body propusti $p_{s1,2} = \pm j\omega_s$, řešením rovnice $p^2 + 2\delta p + \omega_p^2 = 0$ dostáváme póly filtru ve tvaru $p_{1,2} = -\delta \pm j\omega_p$, přičemž $\omega_p = \sqrt{\delta^2 + \omega_p^2}$. Hovoříme proto také o kmitočtu nulových bodů, resp. o kmitočtu pólů filtru ve tvaru $p_{1,2} = -\delta \pm j\omega_p$, přičemž nulových bodů: $\omega_2, \omega_4, \dots$. Pomocí pólů byly vypočítány hodnoty prvků normalizovaných dolních propustí, označené jako $c_1, c_3, c_5, l_2, c_2, \dots$. Normalizované hodnoty převedeme na fyzikální veličiny násobením těchto hodnot hodnotami vztažné kapacity C_B , resp. indukčnosti L_B , vyjádřenými vztahy

$$C_B = 1/2\pi f_B R_B, \quad (2)$$

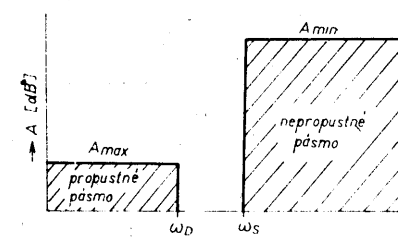
$$L_B = R_B/2\pi f_B, \quad (3)$$

kde R_B je vztažný odpor, f_B je vztažný kmitočet. Vztažným kmitočtem rozumíme mezní kmitočet f_D u dolní propusti, $f_D = f_B$; u horní propusti platí podobně $f_H = f_B$. Vztažný kmitočet u pásmové propusti je dán geometrickým průměrem kmitočtů f_D a f_H , tedy $f_B = \sqrt{f_D f_H}$.

Naznačíme-li schematicky průběh útlumové charakteristiky podle obr. 1, je f_D normalizovaný mezní kmitočet propustného pásma a f_B je normalizovaný kmitočet nepropustného pásma, přičemž platí

$$\omega_D = \sin \alpha, \quad \omega_S = 1/\sin \alpha, \quad (4)$$

kde úhel α se nazývá modul eliptického filtru a je vyjádřen ve stupních. Normalizované dolní propustí určitého stupně jsou kategorizovány podle modulu α a podle součinitele odrazu ρ [%]. Pro usnadnění návrhu filtru jsou v tabulkách normalizovaných dolních propustí kromě hodnot normalizovaných součástí udány hodnoty nulových bodů a A_{\min} v dB, což je minimální útlum v nepropustném pásmu. Hodnoty pro normalizovanou propust pátého stupně jsou udány v tab. 1 s tím, že propust pátého stupně již postačí k řešení celé řady problémů radioamatérské praxe.



Obr. 1. Zjednodušená definice průběhu útlumové charakteristiky dolní propusti

Je známo, že lze pásmovou propust realizovat kaskádním spojením dolní a odpovídající horní propusti, neboli pro vytvoření pásmové propusti je třeba navrhout dolní propust a z ní odvodit příslušnou horní propust. Při transformaci dolní propusti na horní propust se transformuje kapacita na indukčnost a naopak indukčnost na kapacitu v převráceném poměru. V převráceném poměru se transformují ovšem i kmitočty, takže je-li například ω_2 kmitočet nulového bodu dolní propusti, je $4/\omega_2$ kmitočet nuly u odpovídající horní propusti.

Výpočet eliptické pásmové propusti

Jako příklad návrhu uvedeme výpočet eliptické pásmové propusti pátého stupně pro pásmo od 81 MHz do 100 MHz s požadavky $\varrho = 10\%$, $\alpha = 30^\circ$, $A_{\min} = 55,3$ dB.

Pro normalizovanou dolní propust podle obr. 2 přečteme z tabulky 1 tyto údaje:

$\omega_2 = 3,2508$, $\omega_4 = 2,0892$,
 $c_1 = 0,9150$, $c_3 = 1,6346$, $c_5 = 0,8039$,
 $l_2 = 1,2908$, $c_2 = 0,0733$, $l_4 = 1,1261$,
 $c_4 = 0,2034$.

Přestože hodnoty normalizovaných paralelních kapacit c_2 a c_4 plynou přímým výpočtem z výpočetního schématu pro výpočet celého filtru, platí také například

$c_2 = \omega_2^2/l_2 = 0,07330$.

Vztažný kmitočet je v daném případě $f_B = \sqrt{81 \cdot 100 \text{ MHz}} = 90 \text{ MHz}$, takže pro $R = 50 \Omega$ jsou vztažné hodnoty C_B a L_B vypočítány podle rovnic (2) a (3). Dostáváme: $C_B = 35,368 \text{ pF}$, $L_B = 88,419 \text{ nH}$, takže skutečné hodnoty pasivních prvků eliptické dolní propusti podle obr. 2 jsou:

$C_1 = 32,36 \text{ pF}$, $C_3 = 57,81 \text{ pF}$,
 $C_5 = 29,67 \text{ pF}$,
 $L_2 = 114 \text{ nH}$, $L_4 = 99,57 \text{ nH}$,
 $C_2 = 2,59 \text{ pF}$, $C_4 = 7,19 \text{ pF}$.

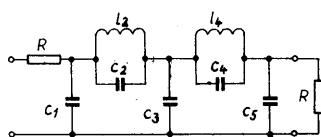
Podle toho, co již bylo řečeno, mění se při transformaci dolní propusti na horní propust kapacita na indukčnost a naopak, takže ze schématu pro dolní propust lze snadno odvodit schéma horní propusti, které je na obr. 3, a pro jehož normalizované složky dostaneme

$l'_1 = 1/c_1 = 1,0928$, $l'_3 = 1/c_3 = 0,6118$,
 $l'_5 = 1/c_5 = 1,243$,
 $c'_2 = 1/l_2 = 0,7747$, $c'_4 = 1/l_4 = 0,8880$,
 $l'_2 = 1/c_2 = 13,6426$, $l'_4 = 1/c_4 = 4,9164$.

Pokud se jedná o vztažný kmitočet f_B , je třeba upozornit na velmi důležitou okolnost: při transformaci dolní propusti na odpovídající samostatnou horní propust transformuje se f_B samozřejmě na $1/f_B$. V daném případě

Tab. 1. Hodnoty normalizované eliptické dolní propusti | 1 |

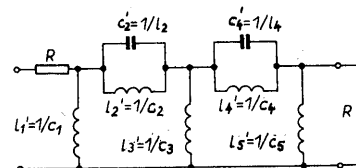
ω_s	A_{\min} dB	c_1	c_2	l_2	ω_2	c_3	c_4	l_4	ω_4	c_5
$\varrho = 5\%$										
2,559305	61,3	0,7321	0,0441	1,261	4,239719	1,496	0,1211	1,149	2,680696	0,6628
2,281172	55,7	0,7223	0,0569	1,247	3,750741	1,472	0,1588	1,105	2,386829	0,6335
$\varrho = 8\%$										
2,366202	61,6	0,8574	0,05047	1,302	3,900700	1,612	0,1380	1,182	2,476711	0,7780
2,130054	56,5	0,8469	0,06403	1,288	3,482936	1,584	0,1773	1,137	2,226971	0,7486
$\varrho = 10\%$										
2,202689	60,1	0,9265	0,05866	1,307	3,611883	1,666	0,1607	1,173	2,303827	0,8363
2,000000	55,3	0,9151	0,07330	1,291	3,250805	1,635	0,2034	1,126	2,089247	0,8039
$\varrho = 15\%$										
2,062665	60,4	1,089	0,06809	1,299	3,362873	1,803	0,1858	1,158	2,155727	0,9856
1,887080	55,9	1,076	0,08396	1,282	3,047649	1,767	0,2317	1,112	1,969523	0,9509
$\varrho = 20\%$										
2,000000	61,4	1,241	0,07446	1,271	3,250805	1,936	0,2024	1,132	2,089247	1,129



Obr. 2. Eliptická dolní propust pátého stupně

se nejedná o samostatnou horní propust, kdy jsme za vztažný kmitočet volili geometrický průměr horního a dolního mezího kmitočtu. V tomto případě je ovšem stejný pro horní i pro dolní propust! Protože $R_B = 50 \Omega$, jsou v tomto případě stejné i hodnoty C_B a L_B , takže fyzikální parametry pasivních prvků horní propusti podle obr. 3 jsou:

$L'_1 = 96,62 \text{ nH}$, $L'_3 = 54,10 \text{ nH}$,
 $L'_5 = 109,98 \text{ nH}$,
 $C'_2 = 27,4 \text{ pF}$, $C'_4 = 31,40 \text{ pF}$,
 $L'_2 = 1,2 \mu\text{H}$, $L'_4 = 43,47 \mu\text{H}$.



Obr. 3. Eliptická horní propust pátého stupně

Uvedeným způsobem lze vypočítat libovolný (Čebyševův, Butterworthův) filtr ve tvaru příčkového článku. Jistým problémem zůstává jen výpočet příslušných civek. Zajímavý je například jednoduchý způsob výpočtu civek pomocí tabulek, které byly odvozeny exaktním rozбором vlastních indukčností – shodou okolností rovněž užitím eliptických integrálů.

Literatura

- [1] Hansell, G. E.: „Filter Design and Evaluation“. Van Nostrand, New York, (1969).

Výpočet pásmové propusti s operačními zesilovači

Kamil Kraus

V článku je vysvětlen postup výpočtu dolní a horní propusti s operačními zesilovači. Protože pásmová propust vznikne kaskádním spojením dolní a horní propusti, lze s malým dodatkem aplikovat uvedený postup pro výpočet tohoto typu elektronického filtru.

Otázce elektronických filtrů je ve světové literatuře věnován bezpočet publikací, ty jsou však převážně zaměřeny na teoretickou stránku problému a neuvádějí způsob praktického návrhu filtru s operačními zesilovači. V důsledku toho řada publikovaných zapojení, i když funkčně dobrých, postrádá odůvodněný postup návrhu. To se zpětně projevuje zbytečným předimenzováním filtru, neúplným využitím operačních zesilovačů a nedostatečně definovaným průběhem útlumové charakteristiky, což má samozřejmě vliv na činnost zařízení, v němž filtr pracuje.

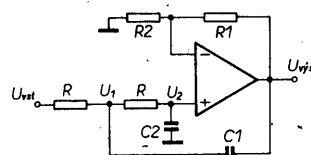
Cílem článku je popsat postup návrhu, platný pro všechny hlavní typy filtrů s operačními zesilovači, který z hlediska matematiky neklade na návrháře zvláštní požadavky. Druhým záměrem je snaha odstranit z návrhu všechny takové kroky, při nichž je nutno libovolně volit hodnotu některého pasivního prvku. Každá podobná libovůle totiž vyžaduje určitou zkušenost návrháře a i tak je často třeba návrh několikrát opakovat. V celém popsaném postupu je volen pouze vztažný odpor, avšak i tato volba je do značné míry zúžena daným kmitočtovým rozsahem filtru.

Přenosová funkce dolní a horní propusti

Pro návrh pásmové propusti byl jako vhodný výchozí obvod vybrán obvod Sallen-Keyovy dolní propusti podle obr. 1. Pro obvod platí tato soustava rovnic:

$$U_2 = A U_{\text{výst}} \quad (1)$$

$$U_1 = A U_{\text{výst}} (1 + p C_2 R), \quad (2)$$



Obr. 1.

$$\frac{U_{\text{vst}} - U_1}{R} + pC_1(U_{\text{vst}} - U_1) + \frac{U_2 - U_1}{R} = 0, \quad (3)$$

kde $A = R_2/(R_1 + R_2)$.

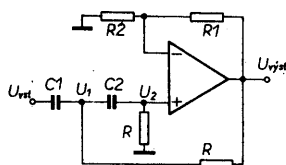
Dosadíme-li rovnice (1) a (2) do rovnice (3), plyne pro přenosovou funkci uvažované dolní propusti

$$U_{\text{vyst}}/U_{\text{vst}} = (1 + B)/1 + pR(2C_2 - BC_1) + p^2RC_1C_2, \quad (4)$$

kde $B = R_1/R_2$.

Zaměníme-li ve schématu na obr. 1 odpor za kapacitu a naopak, dostáváme zapojení horní propusti podle obr. 2, jejíž přenosovou funkci vypočítáme stejným způsobem jako v předchozím případě:

$$U_{\text{vyst}}/U_{\text{vst}} = (1 + B)p^2RC_1C_2 / (1 + pC_1 + (1 - B)C_2R + p^2RC_1C_2) \quad (5)$$



Obr. 2.

Způsob, kterým jsme převedli dolní propust na horní propust, platí u většiny zapojení s operačními zesilovači a lze jej obecně vyjádřit takto: normalizovanou dolní propust transformujeme na horní propust, nahradíme-li indukčností kapacitami (civky kondenzátory) a naopak.

K samotnému výpočtu filtru použijeme tabulky normalizovaných dolních propustí, v nichž jsou pro požadovaný činitel zvlnění δ [dB] udány kořeny p a konstanta A příslušné Čebyševovy přenosové funkce: konstanta A je dána součinem koeficientu zvlnění ε a součinitele při nejvyšší mocnině p příslušného Čebyševova polynomu. U polynomu čtvrtého stupně je např. $A = 8\varepsilon$, což vyplývá ze vztahu

$$\delta = 10 \log(1 + \varepsilon^2) \text{ dB}. \quad (6)$$

Abychom odlišili normalizovanou dolní, popř. horní propust, píšeme v rovnicích (4) a (5) namísto C_1 a C_2 malá písmena: c_1 a c_2 , přičemž c_1 , c_2 jsou bezrozměrné veličiny. Bez újmy na obecnosti píšeme v těchto rovnicích $R = 1 \Omega$.

Hodnoty c_1 a c_2 převedeme na skutečné fyzikální veličiny násobením tzv. vztaznou kapacitou C_B , která je dána vztahem

$$C_B = 1/2\pi f_B R_B, \quad (7)$$

kde f_B je vztazný kmitočet, který je u dolní propusti či u horní propusti roven příslušnému meznímu kmitočtu:

R_B je vztazný odpor, který jediný je třeba volit s ohledem na f_B i s ohledem na kapacity C_1 a C_2 .

Přečteme-li z tabulek pro požadovanou hodnotu δ konstantu A a číselné hodnoty kořenů $p_{1,2} = -\alpha \pm j\beta$, má příslušná přenosová funkce obecně tvar

$$F(p) = A(p^2 + 2\alpha p + \omega_o^2) = A\omega_o^2 \left(\frac{p^2}{\omega_o^2} + \frac{2\alpha}{\omega_o} \frac{p}{\omega_o} + 1 \right). \quad (8)$$

Odtud plyne pro rezonanční kmitočty příslušející pólům $p_{1,2}$ a pro činitel jakosti Q

$$\omega = \sqrt{\alpha^2 + \beta^2}, \quad (9)$$

$$Q = \frac{\omega_o}{2\alpha}. \quad (10)$$

Je třeba upozornit, že tabulky normalizovaných Čebyševových dolních propustí se vztahují na filtry ve tvaru přičkových článků, u nichž je zvykem zapisovat přenosovou funkci v opačném tvaru, než u filtrů s operačním zesilovačem. Tuto skutečnost je třeba respektovat při srovnávání konstanty $\omega_o^2 A$ s konstantou $(1 + B)$ v rovnicích (4) nebo (5).

Platí tedy

$$(1 + B) = 1/\omega_o^2 A. \quad (11)$$

Pro další výpočet odvodíme z rovnice (4) hodnoty pro ω_o a pro Q :

$$\omega_o = \frac{1}{\sqrt{C_1 C_2}}, \quad (12)$$

$$Q = \frac{\sqrt{C_1 C_2}}{2C_2 - BC_1}. \quad (13)$$

Protože jsme z tabulek zjistili hodnoty $p_{1,2}$ a A , znamená to, že ω_o a Q v rovnicích (9) a (10) jsou známy. Porovnáme-li s těmito výsledky rovnice (12) a (13), plynou pro výpočet normalizovaných hodnot c_1 a c_2 vztahy

$$c_1 = \frac{1}{\omega_o^2 C_2}, \quad (14)$$

$$2\omega_o^2 Q C_2^2 - \omega_o C_2 - BQ = 0. \quad (15)$$

Výpočet normalizované dolní propusti se takto omezuje na řešení rovnic (14) a (15), když jsme před tím vyčíslili ω_o a Q s použitím rovnic (9) a (10). Hodnota pro B plyne z rovnice (11).

Věta, kterou jsme vyslovili pro transformaci normalizované dolní propusti na horní propust, zní z matematického hlediska takto:

Kořeny (póly) přenosové funkce normalizované dolní propusti jsou reciproké hodnoty kořenů horní propusti. Totéž platí i pro rezonanční kmitočty. Činitel jakosti Q zůstává i v obou případech stejný.

Pro ω_o a Q plyne pak z rovnice (5) pro horní propust

$$\omega_o = \frac{1}{\sqrt{C_1 C_2}}, \quad (16)$$

$$Q = \frac{C_2 \omega_o}{(1 - B)\omega_o^2 C_2^2 + 1}. \quad (17)$$

Předpokládáme-li, že ω_o a Q jsou známy, dostaneme řešením rovnic (16), (17):

$$c_1 = \frac{1}{\omega_o^2 C_2}, \quad (18)$$

$$(1 - B)\omega_o^2 Q C_2^2 - \omega_o C_2 + Q = 0. \quad (19)$$

Výpočet normalizované horní propusti je takto určen řešením rovnic (18) a (19), hodnota B je i zde dána rovnicí (11).

Tab. 1. Hodnoty normalizované pásmové propusti osmého a stupně pro $\delta = 0,4576$ dB.

	Dolní propust I	Horní propust I	Dolní propust II	Horní propust II
ω_o	1,036755	0,964580364	0,6064273934	1,649002025
Q	2,879443085	2,879443086	0,6976463247	0,6976463247
B	0,6329932639	0,6329932639	0,6329932639	0,6329932639
c_1	1,470206762	0,4733419026	1,608212421	0,1344685564
c_2	0,6328041325	2,270791843	1,690826189	2,734871209

Tab. 2 Kořeny (póly) Čebyševovy přenosové funkce normalizované dolní propusti

Stupeň	$\delta = 0,5844$ dB	$\delta = 0,4576$ dB	$\delta = 0,3594$ dB
2	$-0,6742 \pm j 0,09770$ $A = 0,7590$	$-0,7352 \pm j 1,0201$ $A = 0,666667$	$-0,7981 \pm j 1,0663$ $A = 0,5875$
4	$-0,1672 \pm j 1,0082$ $-0,4036 \pm j 0,4176$ $A = 3,0360$	$-0,1800 \pm j 1,0210$ $-0,4346 \pm j 0,4229$ $A = 2,66667$	$-0,1929 \pm j 1,0346$ $-0,4656 \pm j 0,4285$ $A = 2,34997$
6	$-0,0741 \pm j 1,0048$ $-0,2026 \pm j 0,7355$ $-0,2767 \pm j 0,2692$ $A = 12,1441$	$-0,0796 \pm j 1,0106$ $-0,2176 \pm j 0,7398$ $-0,2972 \pm j 0,2708$ $A = 10,66667$	$-0,0851 \pm j 1,0168$ $-0,2325 \pm j 0,7443$ $-0,3176 \pm j 0,2724$ $A = 9,3999$
8	$-0,0417 \pm j 1,0029$ $-0,1187 \pm j 0,8502$ $-0,1776 \pm j 0,5681$ $-0,2095 \pm j 0,1995$ $A = 48,5766$	$-0,0447 \pm j 1,0062$ $-0,1274 \pm j 0,8530$ $-0,1906 \pm j 0,5699$ $-0,2248 \pm j 0,2001$ $A = 42,66667$	$-0,0477 \pm j 1,0097$ $-0,1360 \pm j 0,8560$ $-0,2035 \pm j 0,5719$ $-0,2401 \pm j 0,2008$ $A = 35,9995$
	$\delta = 0,2830$ dB	$\delta = 0,1764$ dB	$\delta = 0,1105$ dB
2	$-0,8632 \pm j 1,1159$ $A = 0,5190$	$-1,0015 \pm j 1,2259$ $A = 0,4072$	$-1,1521 \pm j 1,3518$ $A = 0,3210$
4	$-0,2057 \pm j 1,0489$ $-0,4967 \pm j 0,4345$ $A = 2,0760$	$-0,2318 \pm j 1,0801$ $-0,5596 \pm j 0,4474$ $A = 1,6289$	$-0,2583 \pm j 1,1147$ $-0,6238 \pm j 0,4617$ $A = 1,2841$
6	$-0,0905 \pm j 1,0233$ $-0,2474 \pm j 0,7491$ $-0,3379 \pm j 0,2742$ $A = 8,3043$	$-0,1014 \pm j 1,03744$ $-0,2771 \pm j 0,7595$ $-0,3785 \pm j 0,2780$ $A = 6,5160$	$-0,1123 \pm j 1,0530$ $-0,3069 \pm j 0,7708$ $-0,4193 \pm j 0,2821$ $A = 5,1366$
8	$-0,0507 \pm j 1,0134$ $-0,1445 \pm j 0,8591$ $-0,2163 \pm j 0,5741$ $-0,2552 \pm j 0,2016$ $A = 33,2171$	$-0,0567 \pm j 1,0214$ $-0,1615 \pm j 0,8659$ $-0,2418 \pm j 0,5786$ $-0,2852 \pm j 0,2032$ $A = 26,0634$	$-0,0627 \pm j 1,0302$ $-0,1786 \pm j 0,8734$ $-0,2672 \pm j 0,5836$ $-0,3152 \pm j 0,2049$ $A = 20,5463$

Výpočet pásmové propusti

Výpočet pásmové propusti demonstrujeme na Čebyševově pásmové propusti osmého stupně, složené ze dvou stejných obvodů podle obr. 3. Na něm je zapojení Sallen-Keyovy dolní a příslušné horní propusti, diskutované v předchozí části článku. Pásmovou propust podle obr. 3 řešíme jako dva samostatné obvody se společnou konstantou B , která je v tomto případě dána vztahem

$$B = \omega_{oD} \omega_{oH} \sqrt{A-1}, \quad (20a)$$

kde ω_{oD} je rezonanční kmitočet dolní propusti; ω_{oH} rezonanční kmitočet horní propusti.

Protože, jak bylo řečeno

$\omega_{oD} = 1/\omega_{oH}$, je $\omega_{oD} \omega_{oH} = 1$ a platí

$$B = \sqrt{A-1}. \quad (20)$$

Uvažujeme dolní propust čtvrtého stupně pro $\delta = 0,4576$ dB. Z tabulek přečteme pro kořeny p a pro konstantu A :

$$P_{1,2} = -0,180027 \pm j 1,0210050,$$

$$P_{3,4} = -0,4346238 \pm j 0,4229141,$$

$$A = 2,666667.$$

Výpočet prvního stupně

a) Dolní propust:

kořeny $p_{1,2} = -0,180027 \pm j 1,0210050$.

Odtud $\omega_{oD} = 1,074860931$,

$$\omega_{oD} = 1,036755, \quad Q = 2,879443085, \\ B = 0,6329932639.$$

Rovnice (15) je

$$6,19000175 c_2^2 - 1,036755 c_2 + \\ - 1,822668077 = 0.$$

Řešením této rovnice dostáváme pro normalizovanou hodnotu c_2 :

$$c_2 = 0,6328041325,$$

odtud pro normalizovanou hodnotu c_1 dostaneme podle rovnice (14):

$$c_1 = 1,470206762.$$

b) Horní propust:

odpovídající hodnoty kořenů jsou

$$p_{1,2} = -0,1674886442 \pm j 0,9498949776.$$

S touto hodnotou pro p plyne dále:

$$\omega_{oH} = 0,9303529145,$$

$$\omega_{oH} = 0,9645480364, \quad Q = 2,879443085,$$

$$B = 0,6329932639.$$

Rovnice (19) má tudíž tvar

$$0,983173709 c_2^2 - 0,9645480364 c_2 + \\ + 2,879443085 = 0.$$

Řešením této rovnice a s přihlédnutím k rovnici (18) vypočítáme:

$$c_1 = 0,4733419026, \quad c_2 = 2,270791843.$$

Stejným způsobem vypočítáme druhou dvojici komplexně sdružených kořenů výchozí dolní propusti. Výsledky návrhu jsou shrnuty v tab. 1.

Jsou-li známy normalizované hodnoty c_1 a c_2 jednotlivých částí pásmové propusti, vypočítáme fyzikální hodnoty C_1 a C_2 tak, že normalizované hodnoty vynásobíme vztahnou kapacitou C_B , definovanou rovnicí (7). Pro pásmovou propust, složenou z dolní propusti s mezním kmitočtem f_D a horní propusti s mezním kmitočtem f_H , je f_B dána geometrickým průměrem těchto kmitočtů:

táme fyzikální hodnoty C_1 a C_2 tak, že normalizované hodnoty vynásobíme vztahnou kapacitou C_B , definovanou rovnicí (7). Pro pásmovou propust, složenou z dolní propusti s mezním kmitočtem f_D a horní propusti s mezním kmitočtem f_H , je f_B dána geometrickým průměrem těchto kmitočtů:

$$f_B = \sqrt{f_D f_H}. \quad (2)$$

Postup návrhu pásmové propusti lze závěrem shrnout do těchto bodů:

1. Z tabulek normalizovaných dolních propustí zjistíme pro dané požadavky kořeny a konstantu A .

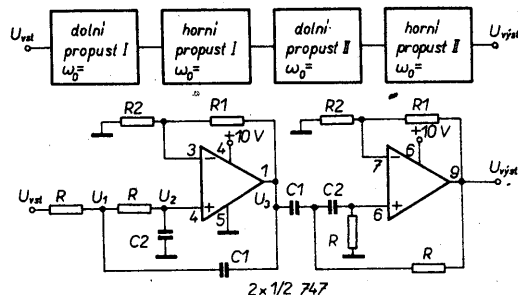
2. Vypočítáme ω_o , Q , B podle rovnic (9), (10) a (20).

3. Pomocí rovnic (14) a (15) vypočítáme c_1 , c_2 pro dolní propust.

4. Vyčíslíme převrácenou hodnotu kořenů dolní propusti a vypočítáme ω_{oH} . Řešením rovnic (18) a (19) vypočítáme c_1 , c_2 pro horní propust.

5. Podle rovnice (21) vypočítáme f_B a hodnotou C_B násobíme normalizované hodnoty c_1 , c_2 u dolní i horní propusti. Výpočet, je-li třeba, opakujeme.

[1] Pfitzenmaier, G.: „Tiefpässe“. Siemens: Mnichov 1971.



Obr. 3.

ZAJÍMAVÉ INTEGROVANÉ OBVODY

TUA1574 TUA1574-X6

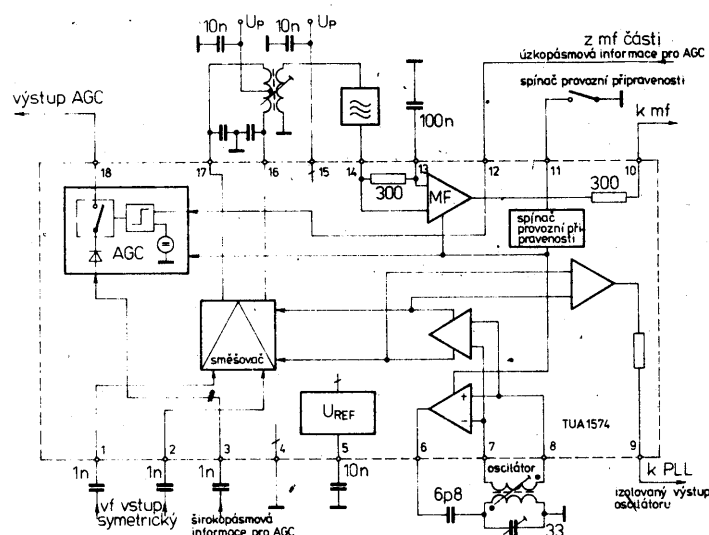
Obvod pro kanálové voliče VKV v rozhlasových přijímačích

Výrobce: Siemens AG

Monolitický, bipolární integrovaný obvod TUA1574 je speciální součástka pro kanálové voliče VKV, používané ve stolních a automobilových rozhlasových přijímačích. Hlavní vysokofrekvenční součástky obvodu jsou na čipu uspořádány přísně symetricky. Obvod nabízí možnost regulace předzesilovacího stupně, dále možnost přidavného zesílení mezifrekvenčního kmitočtu a řízení provozního stavu připravenosti.

Vlastnosti obvodu

- směšovač je proveden jako dvojité symetrický,
- vf součástky obvodu jsou rozloženy na čipu symetricky proto, aby se zlepšily vysokofrekvenční vlastnosti celého kanálového voliče,



Obr. 1. Funkční skupinové zapojení obvodu TUA1574 v kanálových voličích VKV

- součástí obvodu je zdroj regulačního napětí,
- výstup čítače je oddělen od ostatních funkčních částí,
- obvod se napájí kladným napětím 8,5 V, spotřeba napájecího proudu je typicky 27 mA,
- integrovaný obvod TUA1574-X6 není vybaven zapojením pro vypínání funkce kanálového voliče, odpadá proto stav provozní připravenosti.

Pouzdro

TUA1574: plastové DIP-18 s 2× devíti vývody s rastrem 2,54 mm.
TUA1574-X6: plastové P-DSO-16 (24A16) s 2 × osmi vývody v rastru 1,27 mm-pro povrchovou montáž.

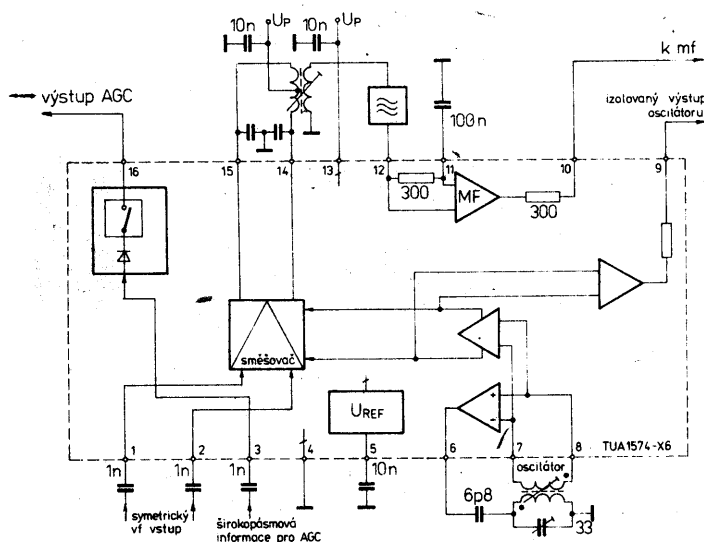
Popis funkce

Integrovaný obvod sdružuje oscilátor se symetrickým vstupem, odděleným výstupem a dvojitě symetrickým směšovačem jako převodníkem kmitočtu. Takto vyráběný mezifrekvenční signál se dále zesiluje v lineárním mezifrekvenčním budiči. K řízení předzesilovacího stupně patří stupeň pro automatické řízení zisku (AGC), který vyrábí širokopásmové a úzkopásmové blokované řídicí signály. Součástí čipu je též generátor referenčního napětí, které se může používat i v jiných funkčních skupinách přijímače, a zapojení pro vypnutí funkce kanálového voliče a tím uvedení přijímače do stavu provozní připravenosti.

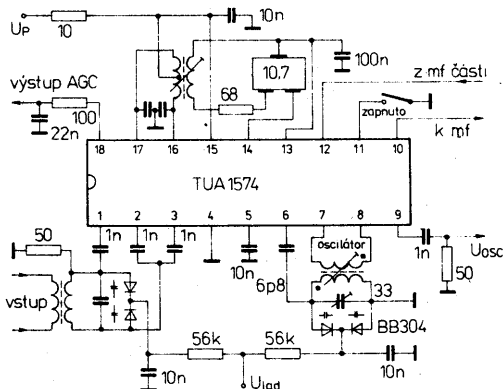
Funkce vývodů:

číslo vývodu	TUA1574	TUA1574-X6	funkce
1	1	1	vf vstup směšovače; nízkohomový, vstupní zapojení s uzemněnou bází se připojuje přímo do směšovacího páru
2	2	2	
3	3	3	vstup pro širokopásmovou informaci; vstup vf signálu po selekci předstupně. Silné vysílače na sousedních kanálech aktivují řízení.
4	4	4	zemniční bod; k tomuto bodu se vztahují všechna provedená blokování kondenzátory.
5	5	5	výstup referenčního napětí; může se blokovat kondenzátorem vůči zemi.
6	6	6	třibodový oscilátor, vhodný pro ladění kapacitními diodami
7	7	7	
8	8	8	
9	9	9	izolovaný výstup oscilátoru
10	10	10	výstup budiče mezifrekvence; výstup pracuje s impedancí 330 Ω běžných mf keramických filtrů.
11	-	-	spínač provozní připravenosti; je-li tento výstup spojen se zemí, je kanálový volič zapnut.
12	-	-	vstup pro úzkopásmovou informaci; na vstup se přivádí informace o síle pole signálu „inband“, která se používá k uzavření regulace předstupně.
13	11	11	vstup budiče mezifrekvence; vstupní impedance 330 Ω
14	12	12	
15	13	13	připoj napájecího napětí U_p ; tento vývod se musí vysokofrekvenčně blokovat kondenzátorem vůči vývodu 4.
16	14	14	výstup směšovače; symetrický výstup s otevřeným kolektorovým výstupem
17	15	15	
18	16	16	výstup AGC; tento výstup se může používat jako proudový výstup (pro diody PIN) nebo napěťový výstup (pro bipolární, popříp. polem řízené tranzistory).

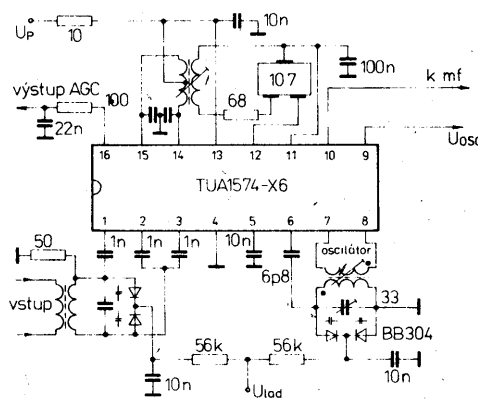
Obr. 2. Funkční skupinové zapojení obvodu TUA1574-X6 v kanálových voličích VKV v automobilových přijímačích



Obr. 3. Doporučené provozní zapojení obvodu TUA1574 jako VKV kanálový volič s laděním kapacitními diodami v rozhlasovém stolním přijímači



Obr. 4. Doporučené provozní zapojení obvodu TUA1574-X6 jako VKV kanálový volič s laděním kapacitními diodami v rozhlasovém autopřijímači



Tab. 1. Elektrické údaje obvodu pro kanálové voliče VKV TUA1574, TUA1574-X6.

Mezní údaje:			
Napájecí napětí TUA1574 TUA1574-X6	U_{15}	= -0,3 až +13,5	V
	U_{13}	= -0,3 až +13,5	V
Napětí směšovače TUA1574, vývody 16 a 17 TUA1574-X6, vývody 14 a 15	U_{16}, U_{17}	= -0,3 až +13,5	V
	U_{14}, U_{15}	= -0,3 až +13,5	V
Spínač pohotovostního stavu TUA1574	U_{11}	= -0,3 až U_{15}	V
Referenční napětí – vývod 5	U_5	= -0,3 až +7,0	V
Proudy	všechny vývody jsou chráněny proti zkratu vůči zemi		
Doporučené provozní údaje:			
Napájecí napětí TUA1574 TUA1574-X6	U_{15}	= 7 až 12	V
	U_{13}	= 7 až 12	V
Teplota okolí	θ_a	= -25 až +85	°C
Charakteristické údaje:			
TUA1574: U_{15} =8,5 V, θ_a =25° C			

údajům vstupních kmitočtů vnitřního předdě-
líče při příjmu signálu AM a FM.

K výrobě referenčních kmitočtů 1 kHz, 10 kHz a 25 kHz slouží integrovaný oscilátor referenčního kmitočtu, který pracuje s vnějším řídicím krystalem 4 MHz, a přínatelný dělič referenčního kmitočtu. Volba referenčního kmitočtu se provádí nezávisle na zvoleném druhu provozu (AM či FM). Dělič referenčního kmitočtu dodává dále, nezávisle na zvoleném referenčním kmitočtu, referenční signál 40 kHz, který se může odebrat na vývodu 09. Tento signál je vhodný pro mezifrekvenční měřicí systémy (např. obvodu TEA6100).

Dělený vstupní kmitočť a též zvolený referenční kmitočť se přivádí na kmitočťové a fázově citlivý detektor, který dodává impulsy pro doladění. Ty se v programovatelném proudovém zdroji přeměňují na proudové impulsy, jejichž amplituda je volitelná ve dvou stupních (5 μ A a 500 μ A).

Dva zesilovače filtru smyčky dovolují vždy optimální návrh filtru v několikarozsahovém přijímači. Odděleným řídicím bitem se může aktivovat smyčkový zesilovač a to nezávisle na druhu provozu vstupního děliče (AM nebo FM). Smyčkový zesilovač má společný vstup a oddělené spínatelné výstupy. Žádané pásmo závisí pouze na volbě vnějších součástek.

K řízení vnějších spínacích funkcí, např. pro přepínání pásem, je k dispozici spínací výstup s otevřeným kolektorem.

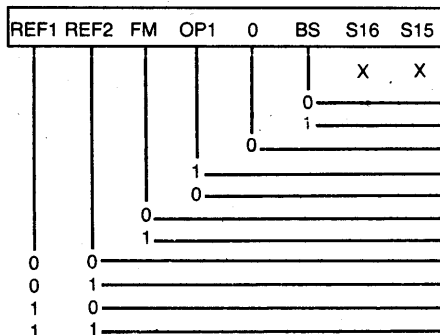
Všechny vnitřní funkce a nastavení se řídí rozhraním sběrnice I²C. Přenos se skládá z adresovacího byte (B), subadresovacího B a až čtyř datových B. Přenos několika datových B za sebou se zjednodušuje automatickým přírůstkem subadres. Na aktivovacím vstupu A0 je programovatelná adresa zapojení pro spolupráci dvou obvodů TSA6057 se stejnou sběrnici.

Bit FM vstupní kmitočť (bity S)

Bit FM	vstupní kmitočť (bity S)	Aktivní vývod
0	$(S0.2^0 + S1.2^1 + \dots + S13.2^{13} + S14.2^{14}) f_{REF}$	7 (AM)
1	$(S0.2^0 + S1.2^1 + \dots + S15.2^{15} + S16.2^{16}) f_{REF}$	5 (FM)

kde minimální dělicí poměr pro AM je $2^6 = 64$, pro FM je $2^8 = 256$.

Datový B 2:



k dělicímu činiteli

otevřený výstup spínače pásma
výstup spínače pásma v úrovni L
vždy nula
zesilovač smyčky OP1 aktivní
zesilovač smyčky OP2 aktivní
aktivní vstup AM
aktivní vstup FM
1 kHz
10 kHz
25 kHz
vnitřní referenční kmitočť (rastr)
žádný

Datový B 3:

Testovací B. V provozu musí být všechny bity nula. Automatické inkrementování překonává všechny čtyři datové B.

Příklad automatického inkrementování:

S	adresovací B	A	subadresa 10	A	datový B 2	A	datový B 3	A	P				
S	adresovací B	A	subadresa 00	A	datový B 0	A	datový B 1	A	P				
S	adresovací B	A	subadresa 11	A	datový B 3	A	datový B 0	A	datový B 1	A	datový B 2	A	P

Protokol sběrnice I²C obvodu TSA6057:

S – podmínka startu
P – podmínka zastavení
A – potvrzení
Ā – není potvrzeno

Mezinárodní setkání radioamatérů „HOLICE 1991“



Významnou radioamatérskou událostí roku 1991 se stalo říjnové mezinárodní radioamatérské setkání v Holicích ve východních Čechách. Pořadatelem – holický radioklub OK1KHL – odhadli, že přijelo asi 800 návštěvníků, přičemž ti nejvzdálenější byli až z Japonska (zástupci firmy ICOM).

Jak pravil ředitel Inspektorátu radiokomunikací Praha Ing. Josef Skála, byl potěšen, že radioamatéři pozvali na setkání pracovníky této instituce FMS, která je mj. také inspektorem radioamatérského provozu u nás. Přijeli technici z pracoviště TKI (Technická kontrola a inspekce) z Brna a na velmi dobře vybaveném pracovišti proměřili bezplatně jenom během jednoho dopoledne parametry asi dvaceti amatérsky vyrobených transceiverů, které si přivezli účastníci setkání s sebou. Na snímku vlevo sedí

Libor, OK2PHH, u spektrálního analyzátoru ANRITSU MS710A (10 kHz až 23 GHz).

Holické setkání bylo vhodnou příležitostí k prezentaci domácích firem, věnujících se radioamatérskému sortimentu. Na snímku vpravo zástupce firmy Allamat Láďa, OK1VTU (vpravo stojící) a jeho manželka. Prodejní stánky našich již známých firem (GM Electronic, Allamat, AMA – OK1FYL aj.) doplňovala velká burza a v sousední budově celodenní cyklus odborných přednášek.

Svým rázem říjnový víkend v Holicích připomínal radioamatérské setkání tak, jak je známe ze zahraničí.

-dva

TUA1574-X6: $U_3=8,5\text{ V}$, $\vartheta_a=25^\circ\text{C}$

Spotřeba napájecího proudu

TUA1574

TUA1574-X6

Referenční napětí

Celkový zisk

Směšovač:

Směšovací zisk

Šumové číslo

Záchytný bod třetího řádu

Oscilátor:

Stejnoseměrné napětí na

vývodu 7, 8

vývodu 6

Interferenční rušivá modulace

Výstupní signál mezivirchový

(na 50 Ω)

Výstupní impedance

Zdroj řídicího napětí:

Řídicí napětí

TUA1574, vývod 18,

TUA1574-X6, vývod 16

Výstupní proud

TUA 1574, vývod 18, $U_3=0\text{ V}$

nebo $U_{12}=550\text{ mV}$, $U_{11}=U_{15}/2$

TUA1574-X6, vývod 16

$U_3=0$, $U_{16}=U_{12}/13$

Výstupní proud

TUA1574, vývod 18

$U_3=2\text{ V}$, $U_{12}=1\text{ V}$

TUA1574-X6, vývod 16

$I_{15}+I_{16}+I_{17}$ =jmen. 27; 19 až 33

$I_{13}+I_{14}+I_{15}$ =jmen. 27; 19 až 33

U_5 =jmen. 4,1; 3,9 až 4,4

U_0 =jmen. 39; 37 až 41

A_u =jmen. 10

F =jmen. 11; ≤ 14

IP_3 =jmen. 115

U_7 , U_8 =jmen. 1,3; 1,0 až 1,5

U_6 =jmen. 2,8; 2,4 až 3,3

Δf_{of} =jmen. 2,2

$U_{9\text{ M/M}}$ =jmen. 45; 33 až 78

R_9 =jmen. 2,5; 2 až 3

U_{18} = 0,7 až $U_{15}-0,3$

U_{16} = 0,7 až $U_{13}-0,3$

$-I_{18}$ jmen. 90; 25 až 150

$-I_{16}$ =jmen. 90; 25 až 150

I_{18} =jmen. 3; 2 až 5

mA

V

dB

dB

dB/10V

V

V

Hz

mV

k Ω

V

V

μA

μA

mA

$U_3=2\text{ V}$

Prah úzkopásmového řízení

TUA1574, vývod 12, $U_3=2\text{ V}$

Prah širokopásmového řízení

TUA1574, vývod 3

$U_{12}=0,7\text{ V}$, $U_1=U_{15}/2$

TUA1574-X6, vývod 3

$U_{16}=U_{12}/13$

Lineární mříž zesilovač:

Výstupní napětí stejnosměrné

TUA1574, vývody 13 a 14

TUA1574-X6, vývody 11 a 12

Vstupní napětí stejnosměrné

vývod 10

Vstupní odpor

TUA1574, vývod 13

TUA1574-X6, vývod 11

Vstupní kapacita

TUA1574, vývod 13

TUA1574-X6, vývod 11

Výstupní impedance - vývod 10

Výstupní kapacita - vývod 10

Napěťový zisk 1

Šumové číslo

$R_S=300\Omega$

Provozní připravenost - stav

vypnuto, TUA1574

I_{16} =jmen. 3; 2 až 5

U_{12} =jmen. 500; 450 až 550

U_{1HF} =jmen. 17; 8 až 20

U_{1HF} =jmen. 17; 8 až 20

U_{13} , U_{14} =jmen. 1,2; 1,0 až 1,5

U_{11} , U_{12} =jmen. 1,2; 1,0 až 1,5

U_{10} =jmen. 4,8; 3,7 až 6,0

R_{113} =jmen. 300; 240 až 360

R_{111} =jmen. 300; 240 až 360

C_{113} =jmen. 13

C_{111} =jmen. 13

R_{1010} =jmen. 300; 240 až 360

C_{1010} =jmen. 3

A_u =jmen. 30

F =jmen. 6,5

U_{11} =3,3 až U_{15}

pF

pF

Ω

Ω

pF

dB

dB

V

1. Napěťový zisk je dán $A_u=20\lg \frac{U_{10}}{|U_{13}-U_{14}|}$

TSA6057 TSA6057T

Kmitočtový syntezátor PLL

Výrobce: Philips - Valvo

Integrovaný obvod TSA6057, TSA6057T je bipolární kmitočtový syntezátor PLL pro ladící systémy rozhlasových přijímačů pro příjem signálů AM a FM se sériovým rozhraním sběrnice I²C.

Vlastnosti obvodu:

- kmitočtový syntezátor je jednočipový, vyrobený bipolární technologií,

- je vysoce citlivý, má oddělený předdělič signálů AM a FM pro kmitočtový rozsah oscilátoru 0,512 až 30 MHz a 30 až 150 MHz,

- obsahuje dva oddělené smyčkové zesilovače ladícího napětí se zpětnovazebním vstupem (např. pro filtr smyčky AM FM),

- k přepínání zesílení smyčky slouží programovatelný zdroj proudu 5 μA nebo 50 μA ,

- ladění číslicovým pamětovým fázovým detektorem probíhá velkou rychlostí,

- tři volitelné referenční kmitočty 1 kHz, 10 kHz a 25 kHz jsou použitelné pro signály AM a FM,

- k funkci postačuje pouze jediný krystalem řízený oscilátor 4 MHz, který je vybaven výstupem referenčního kmitočtu s kmitočtem 40 kHz, vhodným pro spolupráci s mezikvencčním systémem FM a mikropočítačem, řízeným laděným rozhraním obvodu TEA6100,

- řízený otevřený kolektorový výstup je vhodný pro přepínač pásma,

- dvoudrátové sériové rozhraní sběrnice I²C s jedním vstupem pro vkládání dat mikropo-

čítačem a jeden programovatelný vstup adres,

- programem je řízený výstup pásmového spínače,

- použitá technologie SUBILO-N (součástky laterálně odděleny oxidovou vrstvou) zaručuje spolehlivý provoz součástky,

- obvod může vykonávat všechny ladící funkce ladícího systému PLL ve všech typech rozhlasových přijímačů.

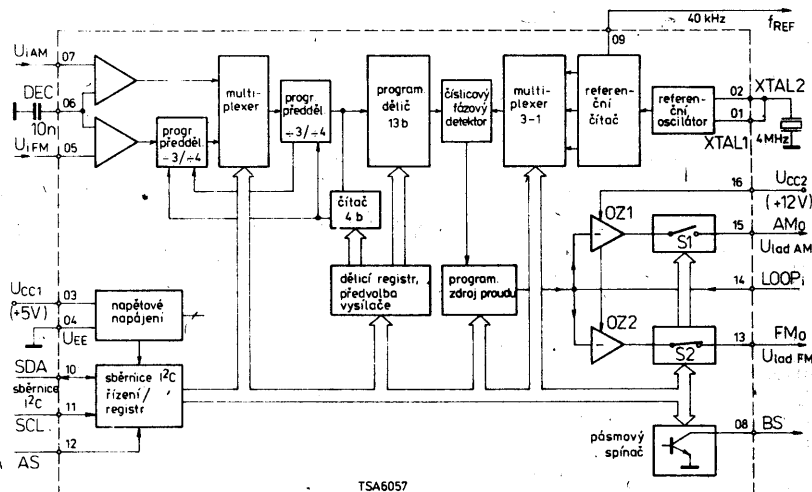
Pouzdro

TSA6057: plastové SOT-38 (DIL-16)

TSA6057T: plastové SO-16L (SOT-162A) minipack

Popis funkce

Integrovaný obvod TSA6057 je určen pro ladící systémy s kmitočtovou syntézou PLL v rozhlasových přijímačích pro příjem signálů AM a FM. Signály z oscilátorů AM a FM se přivádějí oddělenými vstupy na vstupní zesilovače. Úroveň vstupních signálů, které zapojení vyžaduje, je tak malé, že není zapotřebí přidavný vnější zesilovač. Zapojení pracuje bez pevného předděliče, takže zvolený referenční kmitočet odpovídá současně jemnému kroku rastru. Tato vlastnost je důležitá pro optimální hodnoty rychlosti ladění a potlačení referenčního kmitočtu ve filtru smyčky. Programovatelný dělič pracuje na principu Swallowa čítače, je proveden jako sedmnáctistupňový, kódovaný binárně.



Obr. 1. Funkční skupinové zapojení kmitočtového syntezátoru TSA6057. Funkce vývodů: 01 - výstup referenčního oscilátoru XTAL 1; 02 - vstup referenčního oscilátoru XTAL 2; 03 - připoj kladného napájecího napětí U_{C1} ; 04 - zemnicí bod; 05 - vstup signálu U_{IFM} z napěťově řízeného oscilátoru FM; 06 - blokování předděliče DEC kondenzátorem 10 nF; 07 - vstup signálu U_{IAM} z napěťově řízeného oscilátoru AM; 08 - výstup spínače pásma BS; 09 - výstup referenčního signálu 40 kHz; 10 - vstup sériových dat SDA; 11 - vstup sériového hodinového signálu SCL; 12 - vstup signálu pro výběr adresy AS; 13 - výstup signálu FM pro vnější filtr smyčky FMO; 14 - vstup zesilovače ladícího napětí LOOP; 15 - výstup signálu AM pro vnější filtr smyčky AMO; 16 - připoj napájecího napětí U_{C2}

RŮZNĚ APLIKOVANÁ ELEKTRONIKA

Digitální otáčkoměr – voltmetr

Ing. Václav Vokáč

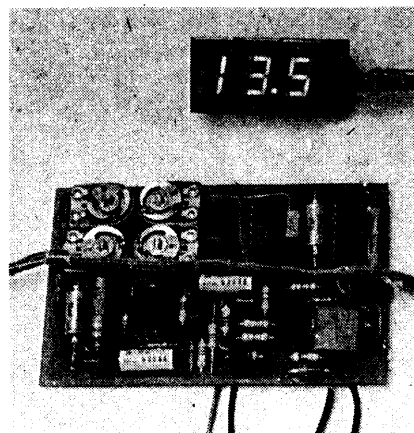
Na stránkách AR bylo již uveřejněno několik typů otáčkoměrů s výstupem analogovým nebo digitálním. Vstupní obvody zpracovávající signál z přerušovače byly většinou navrženy jako jednoduchý integrační článek. S nástupem elektroniky do zapalovacích obvodů automobilů je však vhodné věnovat zpracování signálu z přerušovače zvýšenou pozornost, aby bylo dosaženo dobré reprodukovatelnosti pro různé typy vozidel.

Popisované zapojení, vhodné pro čtyřválcové čtyřdobé motory, využívá integrovaného třímístného analogově-čísllicového převodníku C520D, který má jistě řada amatérů „v šuplíku“, protože pro multimetry, pro něž byl v minulosti tento IO používán, je dnes k dispozici dokonalejší převodník MHB7106. Pro měření otáček jsou využity pouze dva vyšší řády, pro získání skutečné hodnoty otáček je tedy nutno indikovaný údaj násobit 100×.

Vstupní obvod je tvořen diodou D1, zachycující záporné přechytky, děličem R1, R2 a integračním kondenzátorem C1. Takto tvarovaný signál spouští Schmittův klopný obvod, tvořený tranzistory T1 a T2, který je napájen přímo z palubní sítě (12 V) pro dosažení dostatečné hystereze. Zenerova dioda D2 „napětově“ posouvá výstupní impulsy ze Schmittova klopného obvodu. Ty jsou zpracovány spínačem, tvořeným tranzistorem T3, a derivovány kondenzátorem C2 a rezistory R11 a R12. Záporné špičky

spouštějí monostabilní klopný obvod, který generuje impulsy konstantní délky. V době trvání kladného impulsu na výstupu 3 IO1 se přenáší náboj z kondenzátoru C5 sepnutým tranzistorem T4 do kondenzátoru C6. Napětí na něm je přímo úměrné otáčkám motoru.

Napětí palubní sítě a napětí úměrné otáčkám motoru je upraveno děliči na úroveň, vhodnou pro vstup C520D. Je na něj přiváděno přepínačem P1. Tento přepínač zároveň odpojuje napájení pro třetí místo displeje při měření otáček.

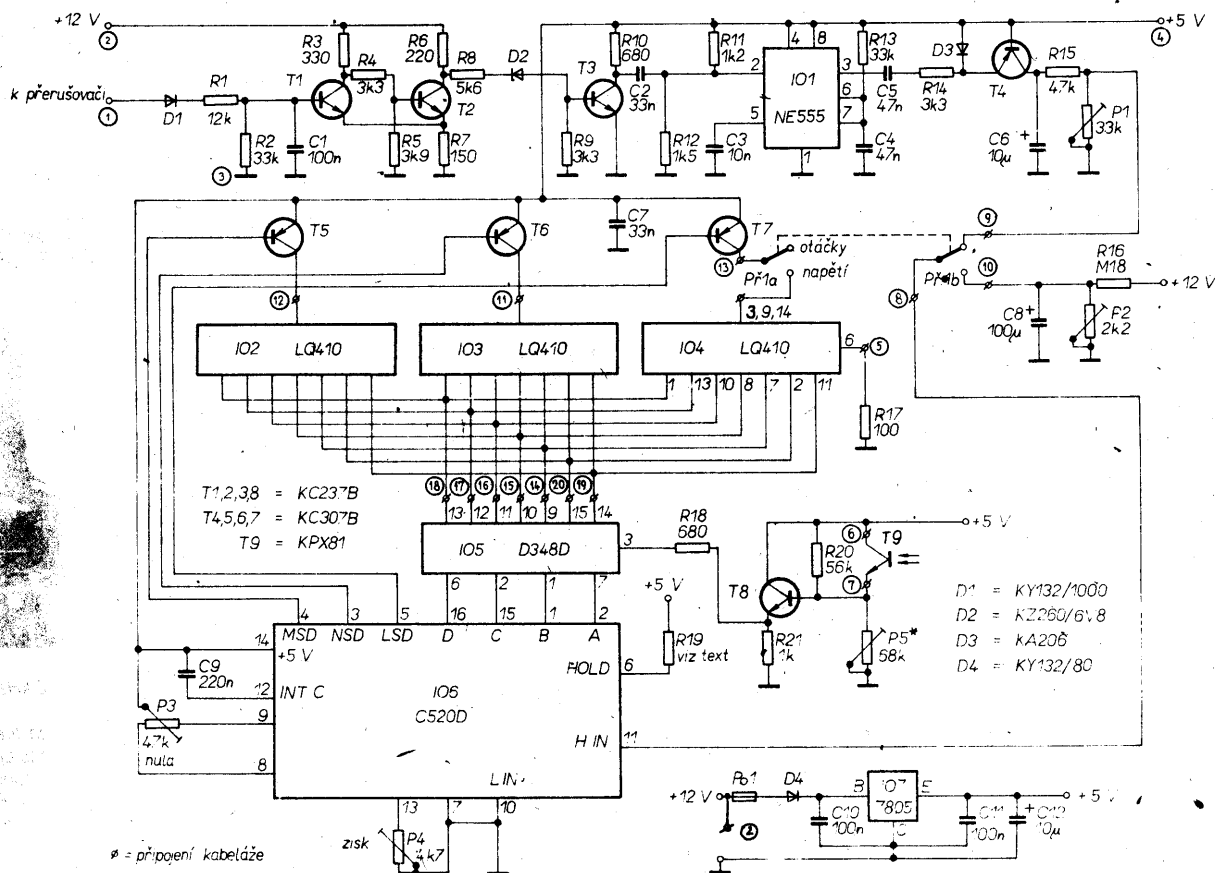


Postup cejchování

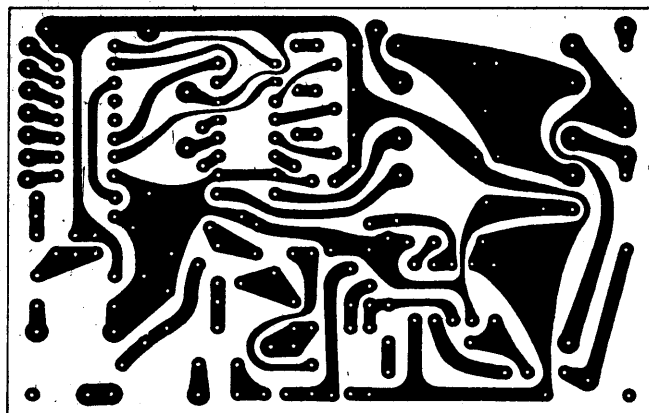
1. Zkratovat vývody 10, 11 IO6 a trimrem P3 nastavit na displeji 00.0 (přepínač v poloze „NAPĚTÍ“), rozpojit zkrat.
2. Přepnout přepínač do polohy „OTÁČKY“, na vstup (anoda diody D1) přivést impulsy s kmitočtem 50 Hz a trimrem P4 nastavit zisk IO6 tak, aby na displeji byl údaj $15 \times 100 = 1500$ ot/min (hrubě lze regulovat trimrem P1).
3. Přepnout přepínač do polohy „NAPĚTÍ“ a trimrem P2 nastavit údaj na displeji tak, aby odpovídal napětí palubní sítě.

Poznámka ke stavbě

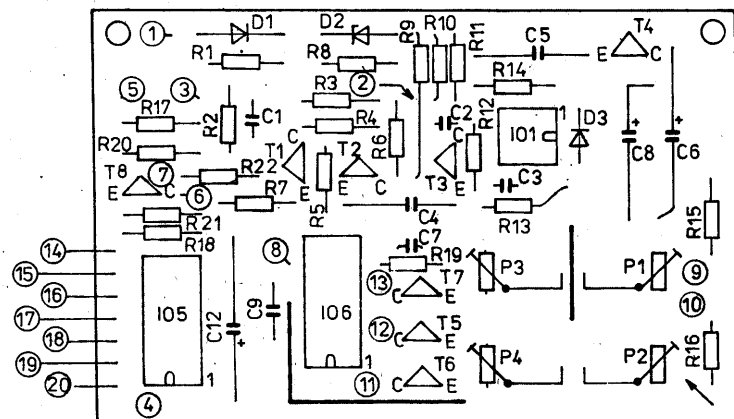
Odpor rezistoru R19 vybrat tak, aby na vývodu 6 IO6 bylo napětí vyšší než 3,2 V (470 až 1k5) – rychlý režim převodníku 48 až



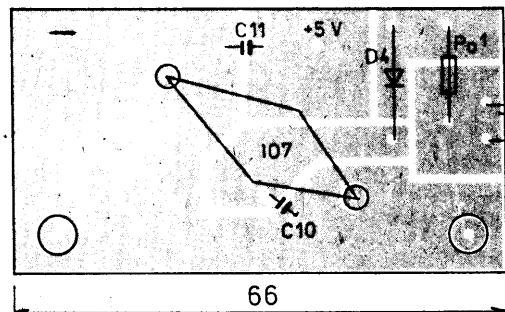
Obr. 1. Schéma zapojení



84,5



Obr. 2. Deska Z 704 s plošnými spoji a rozmístěním součástek



66

168 převodů za sekundu, případně neosazovat – běžný režim převodníku 2 až 7 převodů za sekundu. Dělič pro měření palubního napětí připojit před pojistku. Kondenzátor C8 zachycuje okamžité změny palubního napětí. Trimrem P5 nastavit pracovní bod tranzistoru T8 tak, aby jas displeje vyhovoval při všech režimech osvětlení, a potom jej nahradit rezistorem R22 o stejném odporu. Při přímém slunečním osvětlení je displej hůře čitelný.

Stabilizátor MA7805 v plastovém provedení vyžaduje chladič asi 10 cm². Nastavovací trimry lze nahradit kombinacemi odporů (TR 191). Spoje, označené na schématu přeškrtnutým kroužkem, znamenají připojení kabeláže. Zenerova dioda D2: optimální napětí 7,0 až 7,2 V. Lze využít přechodu emitor-báze tranzistorů n-p-n, např. KC237B.

Stabilizátor s potřebnými součástkami je na zvláštní desce (obr. 3, 4). Displej tvoří rovněž samostatný konstrukční celek (viz obr. v titulku článku).

Seznam součástek

Rezistory (TR 212, není-li uvedeno jinak)

R1	12 kΩ	R12	1,5 kΩ
R2	33 kΩ	R17	100 Ω
R3	330 Ω	R19	viz text
R4, R9	3,3 kΩ	R20	56 kΩ
R5	3,9 kΩ	R21	1 kΩ
R6	220 Ω	R22	viz text
R7	150 Ω	R13	33 kΩ, TR 191
R8	5,6 kΩ	R14	3,3 kΩ, TR 191
R10, R18	680 Ω	R15	47 kΩ, TR 191
R11	1,2 kΩ	R16	180 kΩ, TR 191

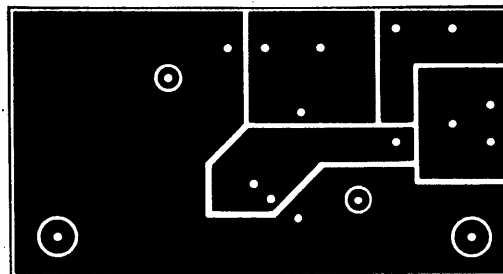
Odporové trimry (TP 012)		P3	47 kΩ
P1	33 kΩ	P4	4,7 kΩ
P2	2,2 kΩ	P5	68 kΩ, viz text

Kondenzátory

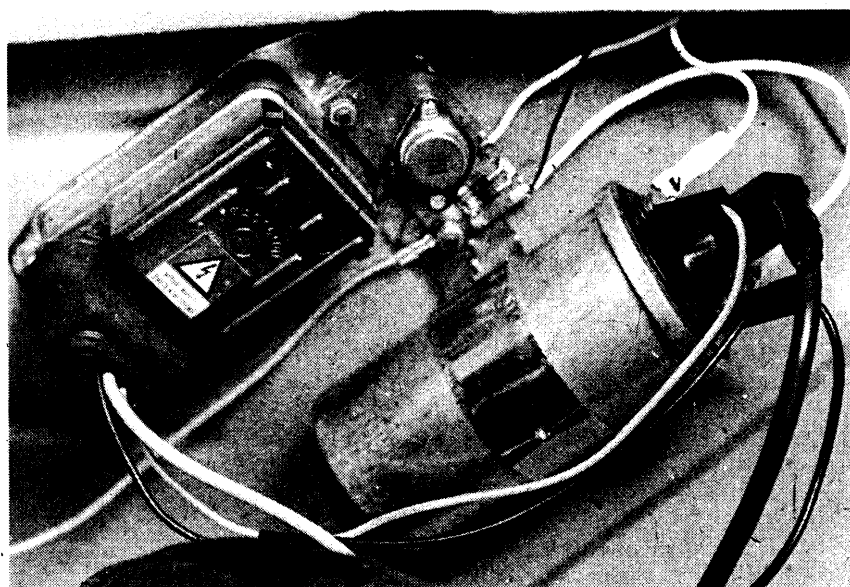
C1, C10, C11	100nF, TK 783
C2, C7	33 nF, TK 783
C3	10 nF, TK 783
C4, C5	47 nF, TC 205
C6, C12	10 μF/63 V, TF 011
C8	100 μF/10 V, TF 007
C9	0,22 μF, TC 351

Polovodičové součástky

IO1	NE555
IO2, IO3, IO4	LQ410
IO5	D348D
IO6	C520D
IO7	MA7805
T1, T2, T3, T8	KC237B
T9	KPX81
D1	KY132/1000V
D2	KZ260/6V8, viz text
D3	KA206
D4	KY132/80V
T4, T5, T6, T7	KC307B
Ostatní:	přepínač 2 × 2 polohy
Př1	pojistka 250 mA
Po1	



Obr. 3. Deska Z 705 s plošnými spoji stabilizátoru

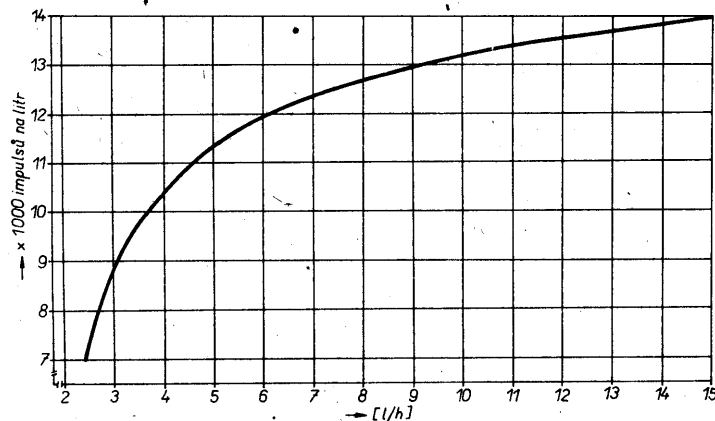


Obr. 4. Umístění stabilizátoru ve voze Favorit a propojení

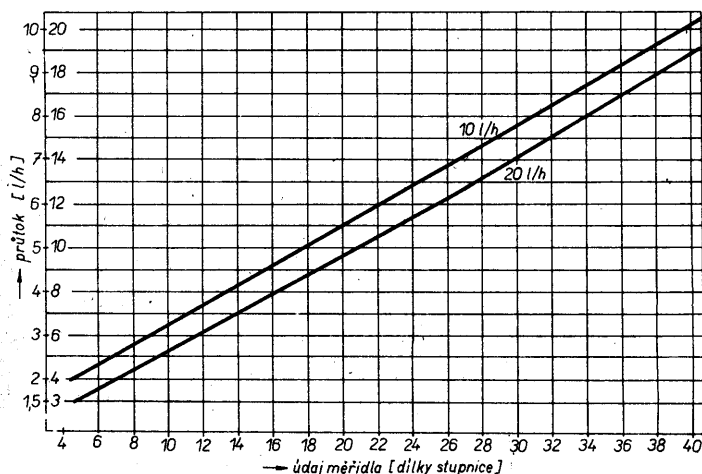
Elektronické měření a indikace spotřeby benzínu

Ing. Jaroslav Zápotocký, CSc.

Informaci o okamžité spotřebě benzínu poskytuje řada světelných diod na výstupu integrovaného obvodu A277D, který vyhodnocuje signál ze snímače průtoku, zapojeného v přívodu benzínu do karburátoru. Je popsáno zapojení, cejchování a příklad montáže do vozu OLT CIT.



Obr. 2. Závislost četnosti impulsů snímače na rychlosti průtoku benzínu

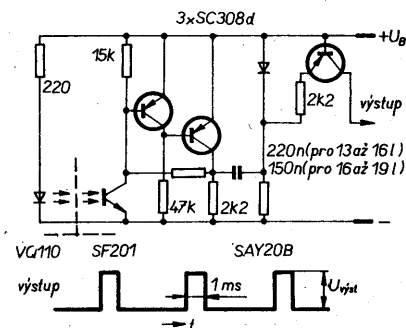


Obr. 4. Závislost proudu měřidlem na průtoku

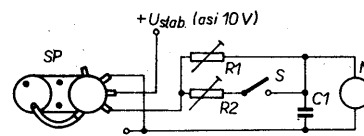
Jako náhradní díl pro automobil WARTBURG je v prodeji snímač průtoku benzínu, použitý v poslední verzi typu W 353 s dvoukomorovým motorem. Snímač je dvoukomorový. První komůrka je „uklidňovací“ s vyrovnávací pryžovou membránou, druhá komůrka je měřicí, s turbínkou, jejíž lopatky při otáčení přerušují světlo z diody, dopadající na fotoelektrické čidlo. Vestavěné elektronické obvody, zapojené podle obr. 1, generují z každého přerušení světla jednomilisekundové impulsy, jejichž četnost je úměrná protékajícímu množství benzínu, jak vyplývá z grafu naměřených hodnot na obr. 2. Turbinka se spolehlivě roztáčí již při průtoku menším než 3 l za hodinu. Snímač je určen pro přímé propojení s kombinovaným palubním přístrojem vozu Wartburg, ale lze jej též použít s dále popisovaným zapojením.

Připojením citlivého ručkového měřidla na výstup snímače podle obr. 3 lze po ocejchování měřit přímo okamžitou spotřebu. Připojený kondenzátor zmenšuje kmitání ručky měřidla při malém průtoku. V grafu na obr. 4 je změřená závislost proudu měřidla na průtoku pro rozsahy do 10 a 20 l/hod. pro zapojení podle obr. 3. Napájecí napětí snímače však musí být dobře stabilizováno, aby údaj byl pravdivý i při změnách napětí autobaterie.

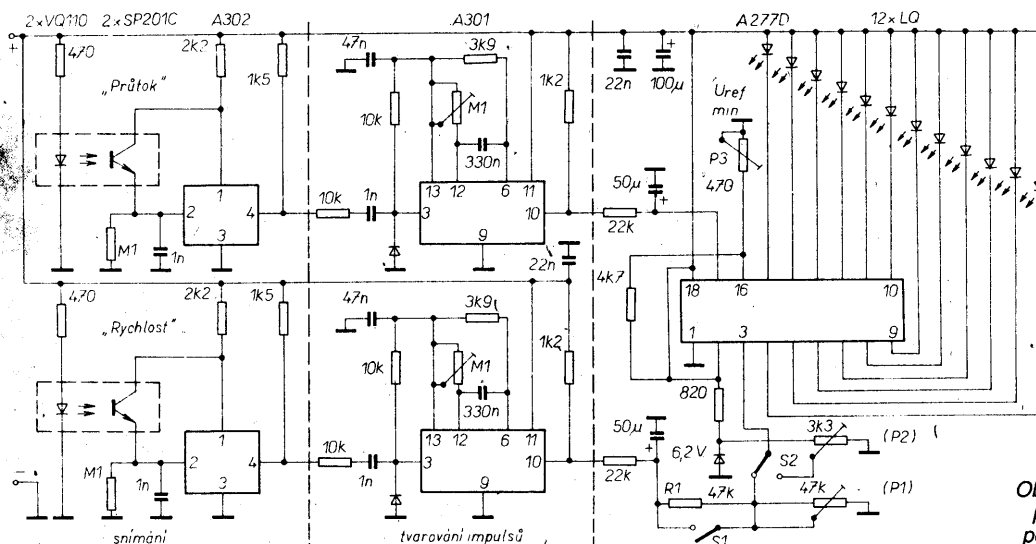
Ve firemní literatuře NDR (2) je uvedeno zapojení obvodu A277D pro měření spotřeby v l/100 km, které je naznačeno na obr. 5.



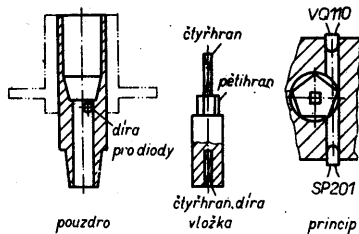
Obr. 1. Elektronika snímače průtoku



Obr. 3. Měření okamžité spotřeby ručkovým měřidlem



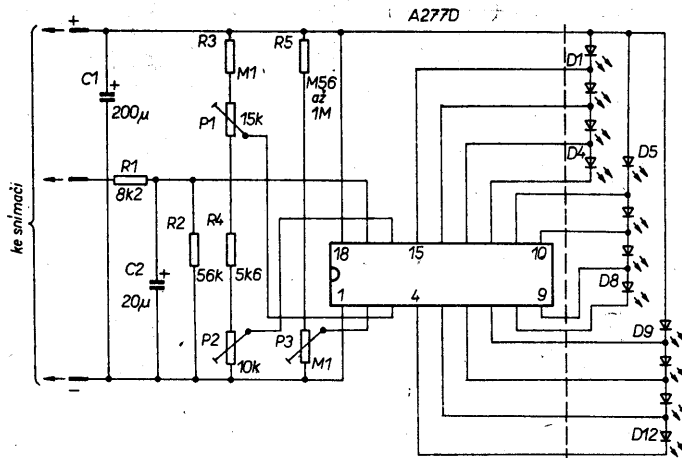
Obr. 5. Zapojení A277D pro měření spotřeby podle firemní literatury



Obr. 6. Adaptér ke snímání rychlosti jízdy

Toto zapojení umožňuje měřit spotřebu:

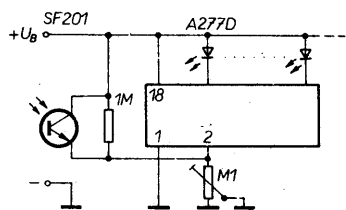
- v l/hod. při přepnutí S2 na P2;
- v l/100 km při přepnutí S2 na dělič R1/P1, přičemž je podle zapojení rychlost vozu odvozena z otáček motoru (otáčkoměru, resp. kontaktu přerušovače) pro 3. a 4. rychlostní stupeň, přičemž se pomocným kontaktem 31 zkratuje R1 při 4. rychlostním stupni, nebo je rychlost vozu snímána přímo, např. optoelektronicky z náhonu tachometru, vhodným adaptérem, znázorněným na obr. 6 (schéma zapojení je navrženo právě pro tento způsob snímání).



Obr. 7. Zapojení pro kontrolu a indikaci spotřeby v litrech za hodinu

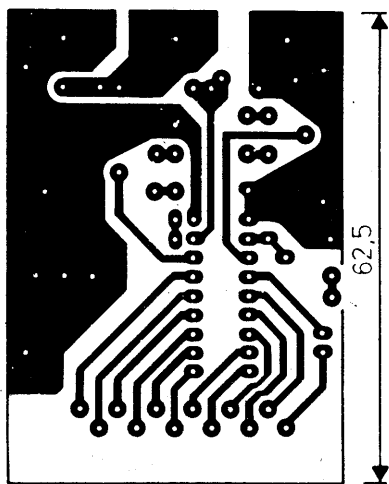
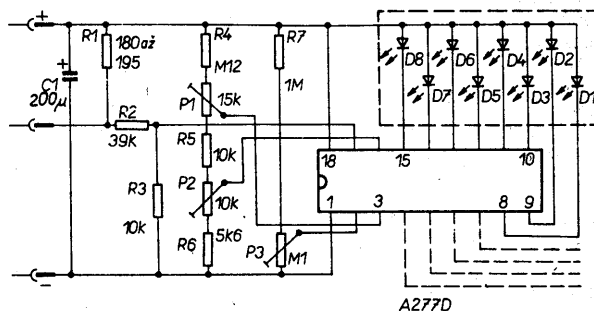
Pokud se spokojíme s měřením a indikací okamžité spotřeby v litrech za hodinu, stačí realizovat část zapojení z obr. 5 podle obr. 7. Snimačem generované impulsy nabíjeji

kondenzátor C2 na vstupu obvodu A277D, zapojeného obvyklým způsobem pro řízení svitu sloupce dvanácti diod. Potenciometry P1 a P2 upravují referenční úroveň pro indi-

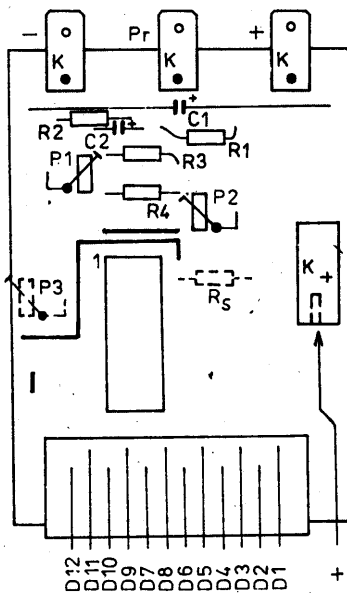


Obr. 8. Obvod automatického nastavení svítivosti diod

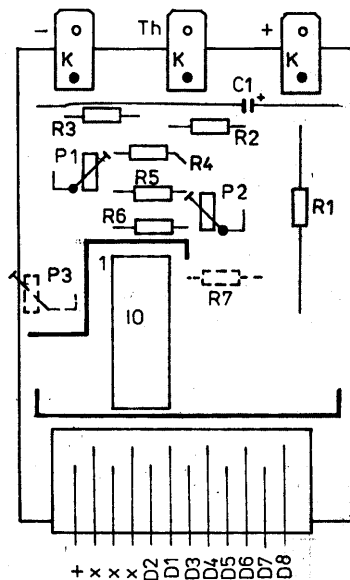
Obr. 11. Schéma zapojení k měření teploty



Obr. 9. Deska Z 706 s plošnými spoji



Obr. 10. Osazení desky pro měření spotřeby



Obr. 12. Osazení desky pro měření teploty

Seznam součástek

Polovodičové součástky:

D1	A277D (nebo ekvivalent)
D1, D2,	
D4 až D7,	
D9 až D11	LQ1802, 4, 12, 14 (zelená)
D3, D8	LQ1502, 4, 12, 14 (žlutá)
D12	LQ1202, 4, 12, 14 (červená)

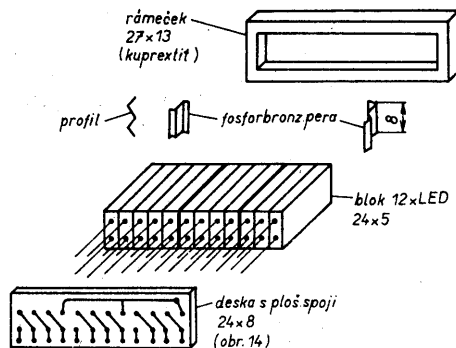
Rezistory (TR 151, TR 191):

R1	8,2 kΩ
R2	56 kΩ
R3	100 kΩ
R4	5,6 kΩ
R5	1 MΩ
Potenciometry (TP 011 nebo pod.):	
P1	15 kΩ
P2	10 kΩ
P3	100 kΩ
Kondenzátory (TE 984):	
C1	200 μF/15 V
C2	20 μF/15 V

Ostatní:

K1	12pólový konektor WK 462 06 (05)
K2	12pólcový konektor WK 462 16 (15)
K3, 4	1pólový konektorový pár

nástrčkové automobilové kontakty	6 ks
nožové automobilové kontakty	2 ks
nožové kontakty na plošné spoje	3 ks
ploché vodič 13pramenný (do 0,5 m)	
ploché vodič 3pramenný (do 1,8 m)	

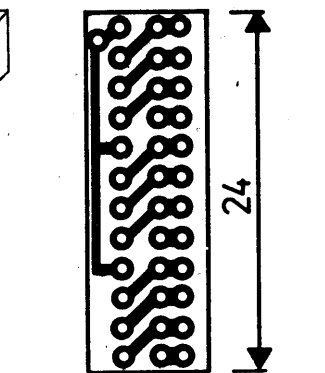


Obr. 13. Uchycení rámečku s diodami a jejich sestava

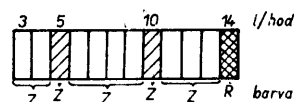
kaci nejmenšího průtoku 3 l/hod. a největšího 14 l/hod. Jas diod se nastavuje potenciometrem P3, pokud se nepoužije jeho automatické nastavení fotocitlivým prvkem např. podle obr. 8.

K zapojení v obr. 7 byla navržena a ověřena deska s plošnými spoji podle obr. 9. Lze ji současně použít k měření a indikaci teploty oleje motoru vozu OLCIT podle schématu z AR-A č. 12/89 [3]. Osazení této desky pro měření spotřeby je na obr. 10, pro měření teploty podle schématu z AR-A č. 12/89 (obr. 11) je na obr. 12. Umístění a uspořádání dvanácti světelných diod je libovolné. U prvních dovezených vozů OLCIT je možné využít neobsazený prostor pro regulátor osvětlení přístrojové desky bez mechanických zásahů ve voze. Diody lze po sbroušení na rozměr 5 x 2 mm vložit do vyjmoutého zaslepovacího krytu, v němž vyřízneme otvor 24 x 2 mm, nebo místo tohoto krytu zhotovíme rámeček z kuprextitu stejných rozměrů a na jeho zadní část připevníme uchycovací fosforbronzové pružiny, jak je naznačeno na náčrtu v obr. 13. Diody se připevňují na plošné spoje podle obr. 14 a jako celek vsunou a zalepí do připraveného rámečku. Pro snazší rozlišení údajů o spotřebě lze použít dvě žluté diody pro indikaci průtoku 5 a 10 l/hodinu a jednu červenou pro indikaci průtoku 14 l/hodinu a vyšší, jak je naznačeno na obr. 15.

Zapojení je třeba před montáží ocejchovat „na stole“. K tomu nám pomůže tab. 1, udávající čas, potřebný k protečení známého množství benzínu stálou rychlostí. K cej-



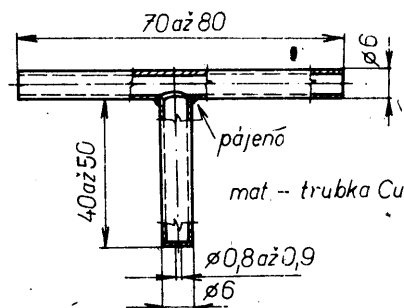
Obr. 14. Deska Z 707 s plošnými spoji pro 12 diod



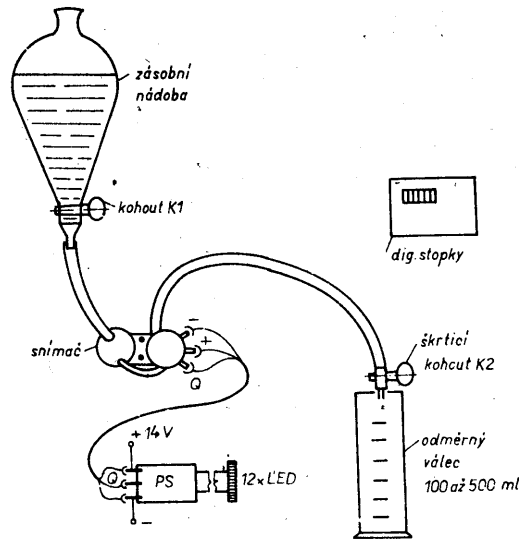
Obr. 15. Rozlišení barvami diod

chování potřebujeme nejlépe elektronické stopky, odměrný válec 100 až 500 ccm, zásobní nádobku s ventilem regulačním nebo škrticím a hadičky o světlosti 8 mm. K napájení zdroj ss napětí 14 V/0,5 A. Sestava pro cejchování je naznačena na obr. 16. Škrticím ventilem nastavujeme průtok: protéké množství a dobu průtoku měříme po otevření ventilu K1 po krátkém ustálení průtoku. Měření opakujeme několikrát, cejchování pak pro průtoky 4 nebo 5 l/hod. a 13 nebo 14 l/hod.; potenciometry P1 a P2 nastavujeme tak, aby při nastaveném průtoku svítily odpovídající diody.

Při montáži do vozu umístíme snímač průtoku tak, aby osa turbinky byla vodorovná – obdobně jako ve voze Wartburg, do přívodu benzínu mezi benzinové čerpadlo a karburátor. U vozů OLCIT a jiných, kde je od karburátoru veden benzin i zpět do nádrže, je třeba zachovat tento princip. To je možné buď tak (jako u jiných zahraničních měřičů), že průtok omezíme na 1,2 až 1,5 l/hod. vložkou s otvorem o \varnothing asi 0,2 mm, umístěnou ve zpětném vedení benzínu do nádrže (což bez použití mikropočítačového systému vede ke zkreslení údajů o spotřebě) nebo tak, že odbočení uděláme ještě před vstupem benzínu do snímače průtoku a zpětný výstup z karburátoru uzavřeme. K tomu účelu je třeba zhotovit člen „T“ pro odbočení



Obr. 17. Člen T pro propojení s benzinovou nádrží (pájeno mosazí)



Obr. 16. Sestava pro cejchování indikace průtoku

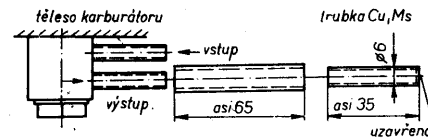
s otvorem stejné velikosti, jako je na zpětném výstupu z karburátoru do nádrže. Příklad takového členu je na obr. 17. Rozhodneme-li se pro zaslepení výstupu z karburátoru, postačí k tomu krátká hadička na vedení benzínu, nasunutá na výstup z karburátoru a zakončená zaslepovací trubičkou např. podle obr. 18. Jedním z vhodných míst pro snímač ve voze OLCIT je svislá stěna pod akumulátorem, v níž jsou uchyceny dva zcela nevyužité šrouby, které poslouží k upevnění držáku snímače, zhotoveného z ocelového plechu tloušťky 1 mm (obr. 19 a obr. 20).

Při instalaci dále potřebujeme nové hadice (lze použít náhradní hadici, určenou pro výstup benzínu z karburátoru do nádrže, kterou rozřežeme na potřebné délky), jejichž konce, které budeme nasazovat na snímač průtoku, rozšíříme nasazením na trn o \varnothing 8 mm po ohřátí v horké vodě. Máme-li upevnění snímače ve voze, je možné postupovat např. (viz náčrtky na obr. 20) takto:

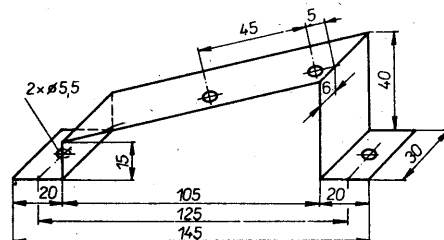
1. Uvolníme a vyjmeme obě hadice vedoucí ke karburátoru. Kratší, vedoucí benzin z čerpadla ke karburátoru, si uložíme pro použití při demontáži snímače a uvádění do původního stavu.
2. Uzavřeme zpětný výstup benzínu z karburátoru do nádrže nasunutím krátké hadice se zaslepovací trubičkou podle obr. 18.

Tab. 1. Čas „t“ (s) potřebný k protečení objemu 10 až 50 ccm při rychlosti průtoku v l/hodinu)

	v l/hod.				
ts	10	20	30	40	50
1	36	72	108	144	180
2	18	36	54	72	90
3	12	24	36	48	60
4	9	18	27	36	45
5	7,2	14,4	21,6	28,8	36
6	6	12	18	24	30
7	5,14	10,3	15,4	20,6	25,7
8	4,5	9	13,5	18	22,5
9	4	8	12	16	20
10	3,6	7,2	10,8	14,4	18
11	3,27	6,55	9,8	13,1	16,4
12	3	6	9	12	15
13	2,77	5,54	8,31	11,1	13,85
14	2,57	5,14	7,71	10,29	12,86
15	2,4	4,8	7,2	9,6	12
16	2,25	4,5	6,75	9	11,25
17	2,12	4,24	6,35	8,47	10,59
18	2	4	6	8	10
19	1,89	3,79	5,68	7,58	9,47
20	1,8	3,6	5,4	7,2	9



Obr. 18. Zaslepení výstupu z karburátoru



Obr. 19. Držák snímače

3. Na výstup benzinového čerpadla nasuneme krátkou hadici s členem „T“ (obr. 17). Na odbočení s otvorem o \varnothing 0,8 až 0,9 mm nasuneme hadici, jejíž druhý konec nasuneme na vstup zpětného potrubí benzinu do nádrže.

4. Přímé pokračování členu „T“ propojíme hadicí se vstupem snimače průtoku benzinu. Konec hadice, nasazovaný na snimač, musí být předem rozšířen na vnitřní průměr 8 mm.

5. Delší hadicí (kterou jsme sejmuli z výstupu karburátoru a zpětného potrubí do nádrže) propojíme vstup karburátoru s výstupem snimače průtoku (rozšířeným koncem).

Elektrické propojení snimače s deskou s plošnými spoji lze provést třípramenným lankem, zakončeným automobilovými konektory. Pro umístění desky je dostatek místa pod přístrojovou deskou za krytem pro osvětlovací lampičku na čtení. Vodiče lze protáhnout kolem lanka sytiče před nalisováním kontaktů. Pro napájení je nutné nalézt vhodné vývody (např. vodič prosvětlovacího tlačítka táhla sytiče).

Indikační diody se po obroušení na rozměr 5×2 mm připevňují na plošné spoje (obr. 13). Připojují se třináctipramenným vodičem s dvanáctipólovým konektorem (pro třináctý vodič lze užít konektor Modela) k protikusů na desce. K provléknutí okénkem pro regulátor osvětlení (pokud tam umístíte diody) je

třeba dvanáctipólový konektor obroušením upravit na menší vnější rozměry.

Je třeba si uvědomit, že tímto způsobem indikujeme okamžitou hodinovou spotřebu, jak je také popsáno ve starších číslech klubového zpravodaje Wartburg. Má charakter ekonomeru a řidič je veden k úspornější jízdě. Sám se pak přesvědčí, jak je prudké a velké přidávání plynu neekonomické a bude volit jízdu s optimálními otáčkami motoru při jeho maximálním krouticím momentu.

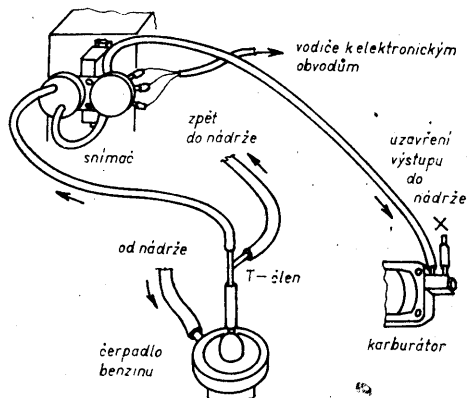
Popsané zapojení používá autor od léta 1989 bez jakýchkoliv závad nebo poruch.

Dlouhodobou přesnost měření ovlivnilo pouze opotřebení snimače.

Literatura

- 1 Klubové zpravodaje AMK Wartburg Praha, roč. 1984 až 1988
- 2 Aplikační a informační sešit mikroelektroniky RFT č. 10: Budič LED A277D. VEB Kombinat Frankfurt/Oder 1981.
- 3 Zápotocký, J.: Měření a indikace teploty oleje vozu OLTCIT. AR-A č. 12/1989.

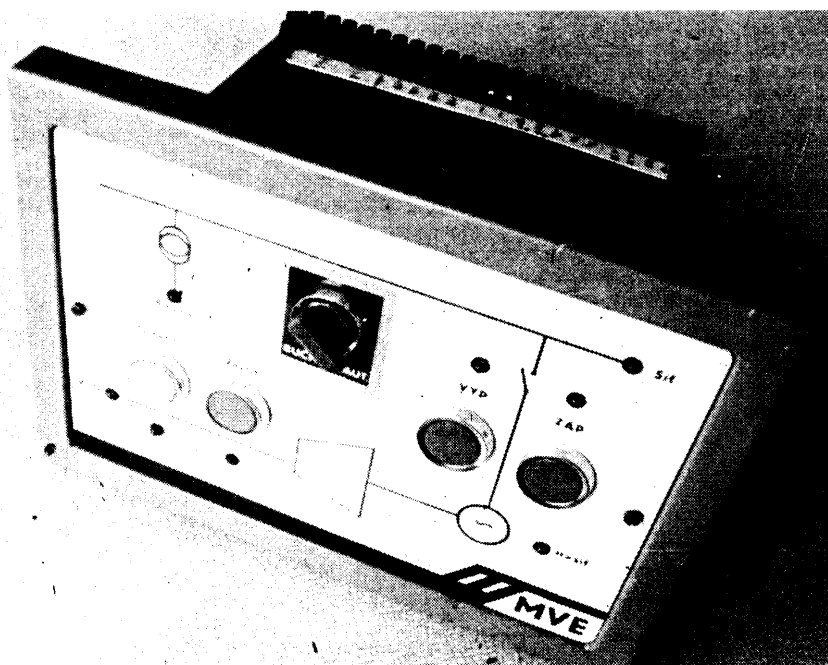
Obr. 20.
Upevnění snimače



Automat pro řízení malé vodní elektrárny

Václav Kukla

Vzrůstající ceny energie a její stále obtížnější získávání způsobily hledání nových, ekologicky čistých forem její výroby. Vedle solární a větrné energie se pozornost upírá k výstavbě nebo obnově vodních elektráren, v minulosti nesmyslně zničených. Území naší republiky se rozkládá na rozvodí tří moří, velké řeky zde pramení, a proto je značná část energetického potenciálu rozptýlena po celém území v tisících potůčcích a říčkách. Využít tuto energii lze v malých vodních elektrárnách do 35 kW výkonu (dále MVE). MVE mohou stavět nejenom organizace, ale i soukromí občané. Vyrobenou energii používají pro svoji potřebu a případné přebytky mohou dodávat do sítě rozvodných závodů.



Technologickou část MVE lze zakoupit v podniku Metaz Týnec n. Sázavou (pro spád 1 až 10 m), nebo v Kovopodniku města Brna (pro spády 2–12 m). Tyto údaje jsou z doby, kdy konstrukce vznikala. V současné době již nemusí platit, ale možnosti může být i více (pozn. redakce). Pro spády menší než 1 m, které jsou nejčastější, neexistuje v současné době výrobce turbin, lze však použít vodní kola, popř. renovovat turbíny ze zrušených mlýnů, pil apod. (Jednou z podmínek rentability MVE je její bezobslužný provoz. Proto musí být nově budovaná, popř. rekonstruovaná elektrárna vybavena automatickým zařízením, které ji odstavi, změní-li se některá z podmínek chodu a po odeznění poruchové veličiny elektrárnu znovu spustí

a připojí k síti. Zařízení těchto vlastností se u nás rovněž nevyrábí, což mne vedlo k sestrojení sekvenčního automatu pro řízení MVE, jehož konstrukci popisuji.

Použitá koncepce

MVE používají k výrobě elektrické energie asynchronní motor, pracující v generátorovém režimu; odebírá přitom ze sítě jalovou energii a činnou do sítě dodává. Výhodou tohoto řešení je, že odpadá synchronizace generátoru s rozvodnou sítí, nevýhodou je, že bez rozvodné sítě nelze generátor provozovat. Rovněž je potřeba zabránit přechodu generátoru do motorického režimu, při němž

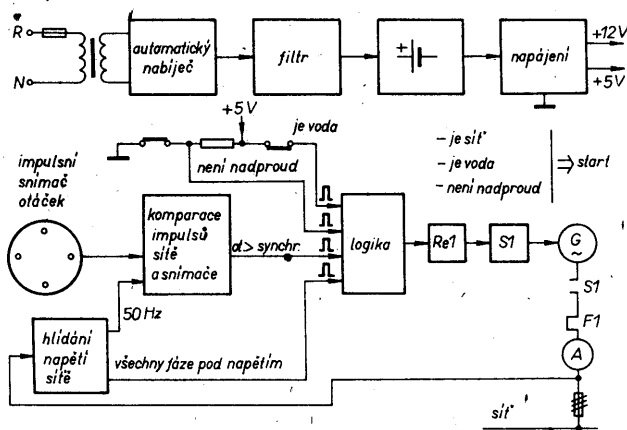
byla čerpána energie ze sítě. To je řešeno snímáním skutečných otáček generátoru, jejich porovnáváním s kmitočtem sítě (synchronními otáčkami) a jsou-li otáčky generátoru „nadsynchronní“, sekvenční automat připojí generátor k síti. Hlídá se stav rozvodné sítě, mají-li všechny fáze napětí větší než 180 V vůči zemi. Posledními dvěma podmínkami pro připojení generátoru jsou dostatečná hladina vody před turbinou, snímání plovákovým snímačem, a hlídání nadproudů generátoru (sledování, zda nevypnula tepelná ochrana). Celý automat je vestavěn v plechové skříni, která se umísťuje na silový rozvaděč. Z bezpečnostních důvodů jsem volil ochranu malým napětím, takže na všech čidlech i akčních členech elektrárny je

včetně relé jsou rozmístěny na jedné desce s plošnými spoji o rozměrech 245 x 150 mm. Z důvodu snížení výroby jsem použil jednostranné plátované kuprexity s drátovými propojkami. Na desce jsou obvody nabíječe akumulátoru, integrovaného zdroje + 5 V pro logiku TTL, a samotné logiky, obvody hlídače podpětí sítě a reléové výstupy. Blokové schéma ovládání soustrojí je na obr. 1.

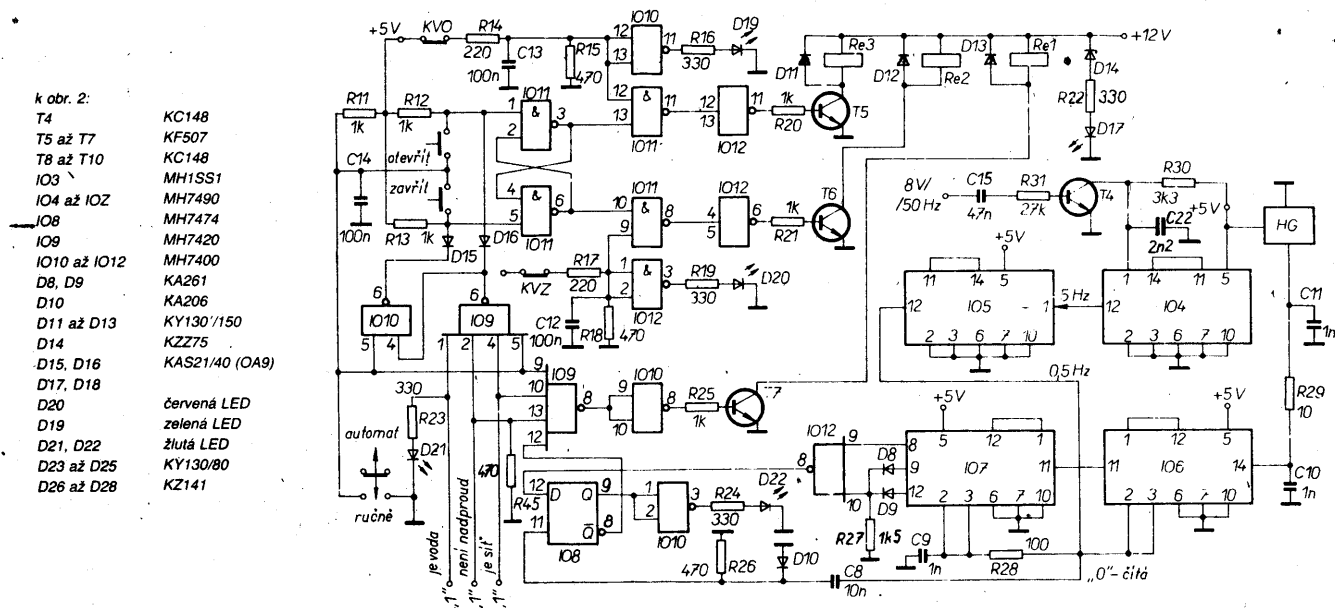
Start a odstavení soustrojí

- automaticky.
- Režim ovládání se přepíná přepínačem na čelní stěně ovládací skříňky. V režimu „ručně“ lze ovládat akční členy bez jakékoli blokády a používáme jej zcela výjimečně. V režimu „automaticky“ se kontrolují tyto podmínky:
- a) zda je síť v pořádku – tzn. žádná fáze nemá napětí menší než 180 V;
 - b) zda je dostatečně vysoká hladina vody před turbínou pro její zavodnění;
 - c) zda není nadproud, tzn. zda není vypnuta tepelná ochrana generátoru.

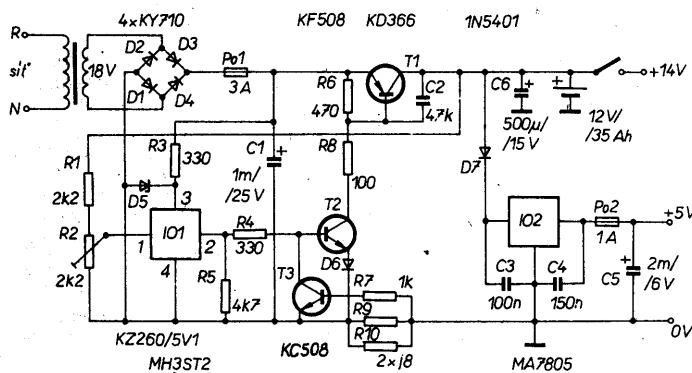
Jsou-li splněny tyto podmínky, automat dává povel k otevření přívodu vody do turbíny. Turbína se začíná točit a roztáčí generátor. Na řemenici generátoru jsou umístěny magnety, které při průchodu kolem snímače (Hallova sonda MH1SS1 popř. MH1SD1) krátkodobě překlopí jeho stav a tím indikují skutečné otáčky generátoru. Číslo lze použít pro synchronní rychlost otáčení 750, 1000, 1500 i 3000 ot./min. Snímače otáček musí mít po 750 ot. čtyři magnety, po 1000 ot. tři magnety, po 1500 ot. dva magnety a po 3000 ot./min. jeden magnet. Z tohoto snímače vycházejí při synchronních otáčkách 50 Hz. generátor vždy impulsy o kmitočtu 50 Hz.



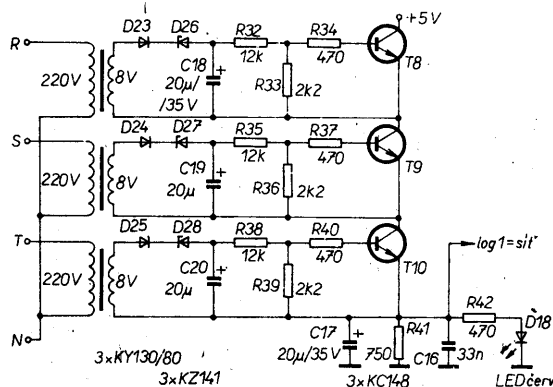
Obr. 1. Blokové schéma ovládacího zařízení pro turbosoustrojí



Obr. 2. Schéma zapojení obvodů logiky TTL



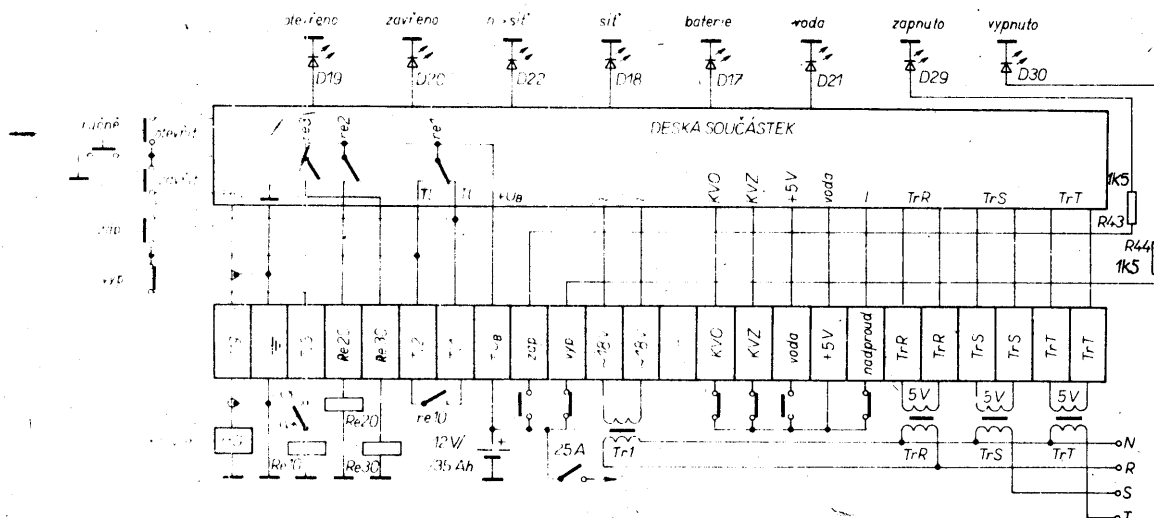
Obr. 3. Schéma zapojení nabíječe a zdroje



Obr. 4. Schéma zapojení hlídače podpětí sítě

Seznam součástek

Rezistory		R39	2,2 kΩ	D14	KZZ75
F1		R40	470 Ω	D15, D16	KAS21/40, popř. OA9
R1	2,2 kΩ	R41	750 Ω	D17, D18, D20, D29	červená LED
R2	2,2 kΩ (triarm)	R42	470 Ω	D19, D30	zelená LED o ∅ 5 mm
R3	330 Ω	R43	1,5 kΩ	D21, D22	žlutá LED o ∅ 5 mm
R4	330 Ω	R44	1,5 kΩ	D23, D24, D25	KY130/80
R5	4,7 kΩ	R45	470 Ω	D26, D27, D28	KZ141
R6	470 Ω				
R7	1 kΩ	Kondenzatory		Tranzistory	
R8	100 Ω	C1	500 μF/35 V	T1	KD366
R9, R10	8,8 Ω (viz text)	C2	47 nF	T2	KF508
R11, R12, R13	1 kΩ	C3	150 nF	T3	KC508
R14	220 Ω	C4	100 nF	T4	KC148
R15	470 Ω	C5	2 mF/6 V	T5, T6, T7	KF507
R16	330 Ω	C6	500 μF/15 V	T8, T9, T10	KC148
R17	220 Ω	C7	200 μF/15 V		
R18	470 Ω	C8	10 nF		
R19	330 Ω	C9, C10, C11	1 nF, keram.	Integrované obvody	
R20, R21	1 kΩ	C12, C13, C14	0,1 μF, keram.	IO1	MH3ST2
R22, R23, R24	330 Ω	C15	47 nF	IO2	MA7805
R25	1 kΩ	C16	33 nF	IO3	MH1SS1
R26	470 Ω	C17, C18, C19, C20	20 μF/35 V	IO4, IO5, IO6, IO7	MH7490
R27	1,5 kΩ	C21	150 nF	IO8	MH7474
R28	100 Ω	Rele, transformátory		IO9	MH7420
R29	10 Ω	Re1, Re2, RE3	relé LUN, 12 V	IO10, IO11, IO12	MH7400
R30	3,3 kΩ	Tr1	220 V/18 V, 50 W		
R31	27 kΩ	TrR, TrS, TrT	zvonkový transformátor typ TR16	Tlačítka, přepínače	
R32	12 kΩ			3 ks spínacích	
R33	2,2 kΩ	Diody		tlačítek	typ T6, popř. jiné
R34	470 Ω	D1, D2, D3, D4	KY710	1 ks rozpinací	typ T6, popř. jiné
R35	12 kΩ	D5	KZ260/5V1	tlačítko	typ T6, popř. páčkový
R36	2,2 kΩ	D6, D8, D9	KA261		
R37	470 Ω	D7	1N5401		
R38	12 kΩ	D10	KA206	Po1	trubičková 3A
		D11, D12, D13	KY130/150	Po2	trubičková 1A



Obr. 5. Propojení jednotlivých součástí zařízení (D29, D30 viz seznam součástek)

Schema zapojení logiky (TTL) je na obr. 2. Impulzy ze snímače jsou zavedeny do komparátoru (vývodech IO4, IO5, IO6, IO7, IO8, v němž se porovnávají s kmitočtem rozvodné sítě. Je-li kmitočet impulsu větší než kmitočet sítě, objeví se na výstupu komparátoru (vývodech IO8) log. 1, a ta je přivedena na čtyřvstupové hradlo logiky (IO9). Stridave napětí o kmitočtu rozvodné sítě odebíráme ze zvonkového transformátoru TrR, tvarujeme tranzistorem T4 na obdélníkové impulsy o kmitočtu 50 Hz a dále dělíme v IO4 a IO5 (dělička 1:100); získané impulsy o kmitočtu 0,5 Hz zavedeme na vstupy 2 a 3 IO6 a přes integrační článek R28, C9 i na vstupy 2 a 3 IO7. Impulzy z Hallovy sondy přivedeme stíněným kabelem přes R29 na vstup 14 IO6. IO6 a IO7 jsou zapojeny jako desítkové čítače a dostávají povolení

k čítání vždy na 1 s (0,5 Hz). Jestliže za tuto dobu načítají alespoň 51 impulsů, objeví se na vývodech 8 a 12 IO7 log. 1: tyto úrovně jsou přes hradlo IO12 již jako log. 0 převedeny na D vstup IO8. Současně je na hodinový vstup tohoto IO zaveden derivovaný impuls 0,5 Hz z IO5. Tim se úroveň log. 0 zapíše do IO8 a ze vstupu Q je přivedena na čtyřvstupové hradlo IO9. Jsou-li na vstupu tohoto hradla splněny i tři předchozí podmínky, objeví se na výstupu 8 úroveň log. 0, která se dále neguje v IO10 a jako log. 1 otevírá tranzistor T7, v jehož kolektorovém obvodu se uvede v činnost relé Re1. Relé spíná stykač S1, který připojuje generátor k síti. Protože k připojení dochází v okolí synchronních otáček, stykač spíná bez proudové zátěže, čímž se podstatně zmenší opalování kontaktu. Současně se tím zamezí chodu generátoru

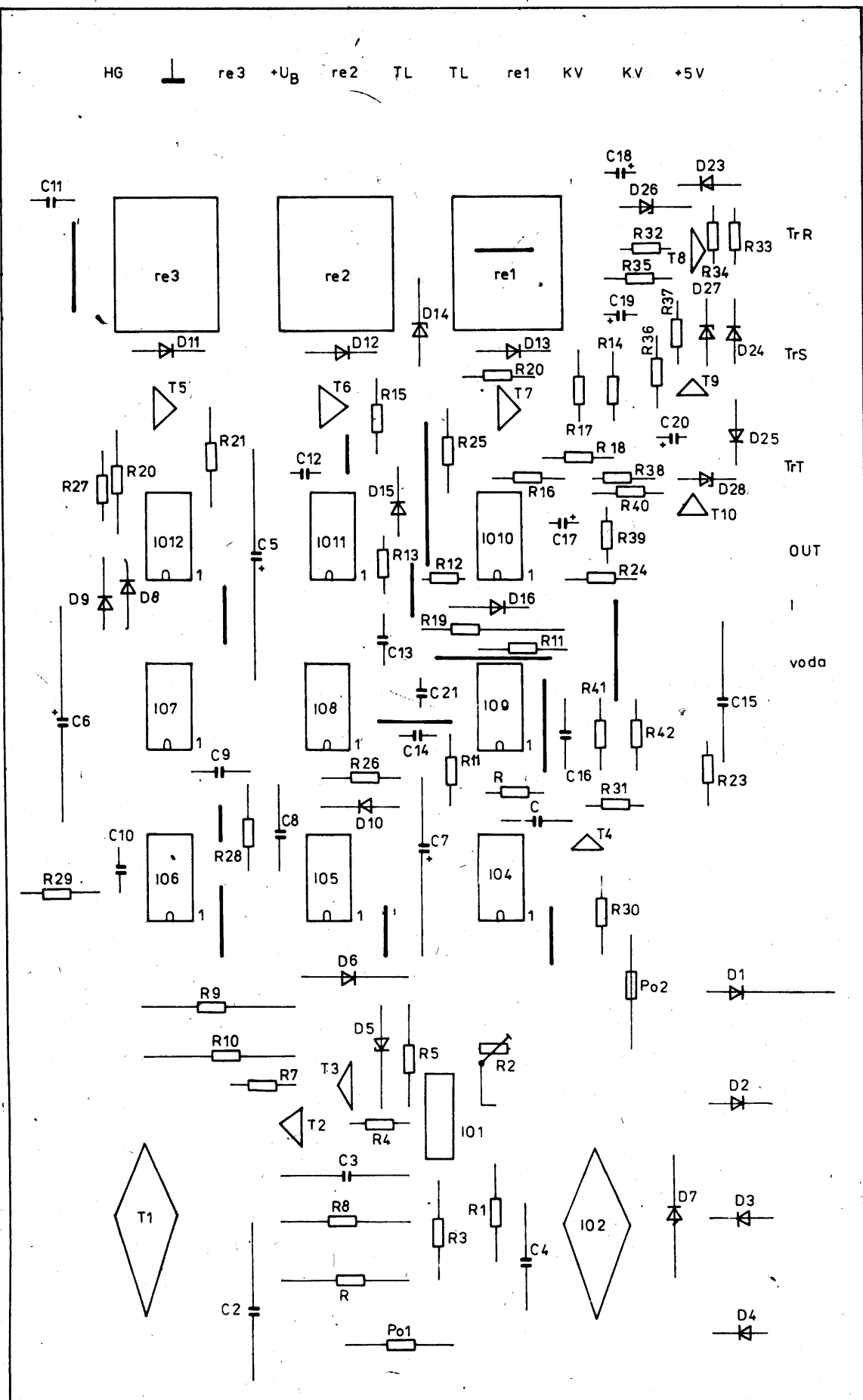
v motorickém režimu a nemůže dojít k čerpání energie ze sítě. V tomto stavu elektrárna setrvává tak dlouho, dokud se nezmění některá z podmínek chodu:

$$\text{Síť} \times \text{hladina} \times \text{není nadproud} = \text{připoj generátor.}$$

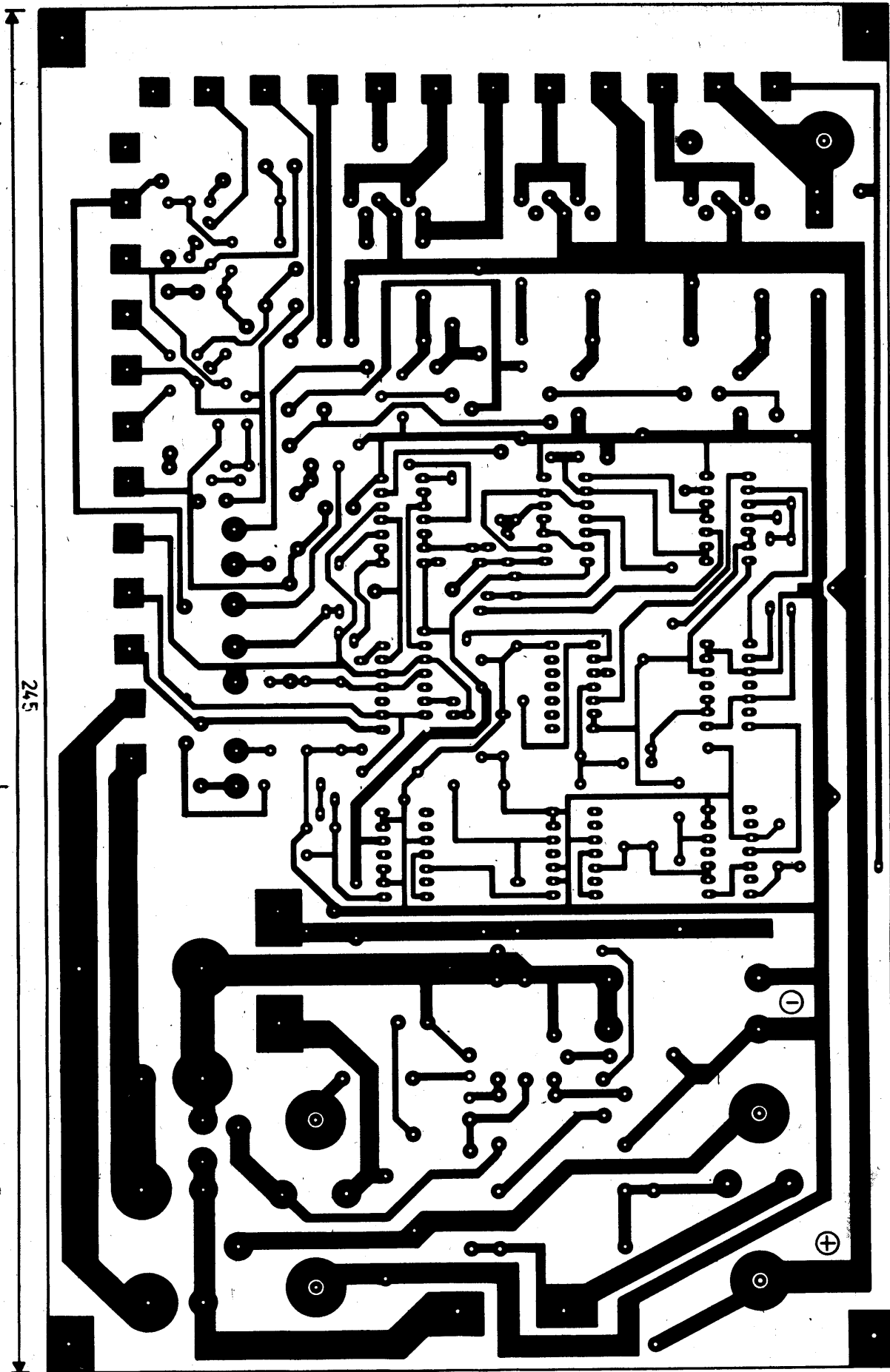
V případě změny některé z podmínek chodu se generátor automaticky odpojuje od sítě, zavírá se přívod vody do turbíny a soustrojí je tím odstaveno z činnosti. Automat čeká na splnění podmínek a poté znovu „najíždí“ turbosoustrojí. Pouze v případě, je-li příčinou odstavení nadproud generátoru, lze jej opět uvést do činnosti až po zásahu obsluhy.

Nabíječ a zdroj

Zapojení nabíječe (obr. 3) jsem převzal z AR 7/88, pouze rezistory R9, R10 mají



Obr. 6. Deska s plošnými spoji Z 708 a rozmístění součástek (rezistor pod D 13 má být místo R 20 správně označen R 22; R a C uprostřed desky mají být R 45 a C 22; u pravého okraje místo označení OUT má být AUT – automat; R nad Po 1 je R 6)

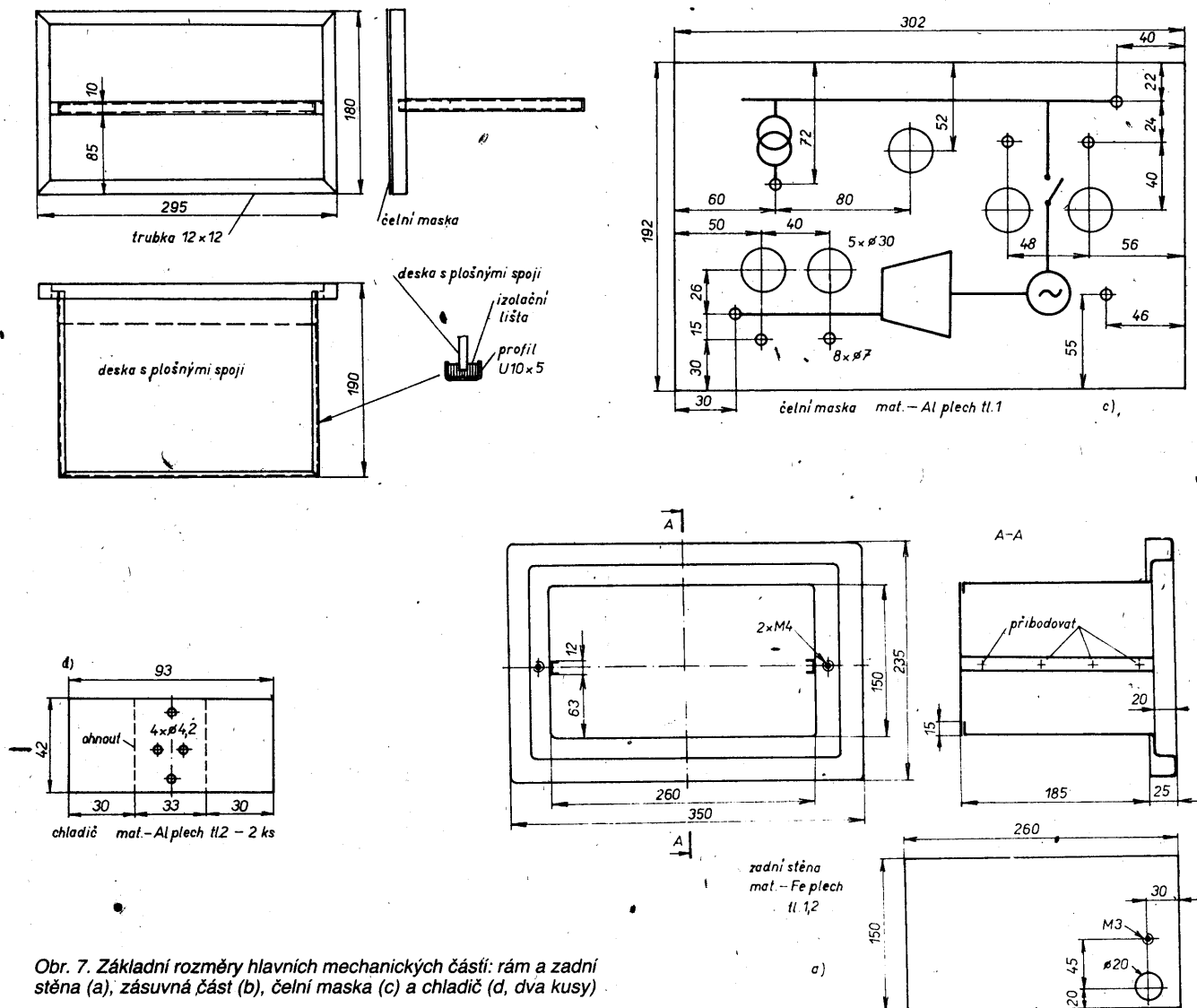


odpor $2 \times 0,6 \Omega$ a omezují tak výstupní proud asi na 2 A. Zdroj napětí + 5 V pro logické obvody TTL je klasického katalogového zapojení. Dioda D7 chrání IO2 při případném přepólování baterie a zmenšuje kolektorovou ztrátu IO2)

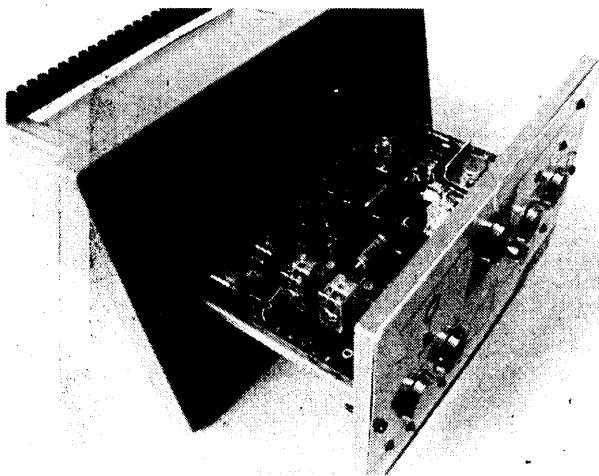
Hlídač podpětí sítě

Hlídaní podpětí jednotlivých fází sítě je „galvanicky“ odděleno od sítě transformátory TrR, TrS, TrT typu TR16 rumunské výroby. Schéma zapojení je na obr. 4. Napětí na

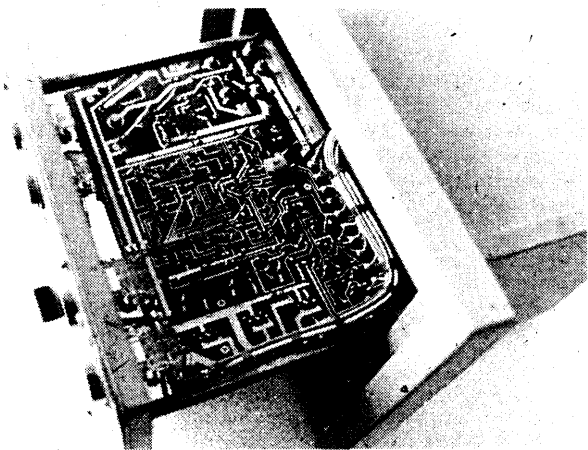
výstupu transformátoru TrR, je jednocestně usměrněno diodou D23 a přes Zenerovu diodu D26 přivedeno na kondenzátor C18. Napětím z C18 je po zmenšení děličem R32 a R33 napájena přes ochranný odpor R34 báze tranzistoru T8. Součástky jsou voleny



Obr. 7. Základní rozměry hlavních mechanických částí: rám a zadní stěna (a), zásuvná část (b), čelní maska (c) a chladič (d, dva kusy)



Obr. 8. Rám s připevněnou svorkovnicí a povytažená kompletní zásuvná část



Obr. 9. Pohled zdola

tak, aby při napětí fáze větším než 180 V, byl tranzistor ve vodivém stavu. Stejný obvod je pro fázi S a spíná tranzistor T9, pro fázi T pak tranzistor T10. Má-li tedy síť dostatečné napětí ve všech fázích, projde napětí + 5 V přes tranzistory T8, T9, T10, je přivedeno na vstupní hradlo logiky IO9 a současně rozsvítí červenou diodu D18 na čelní straně ovládací skříňky. Součástky elektronických obvodů jsou umístěny na společné desce s plošnými spoji (obr. 5).

Propojení jednotlivých částí

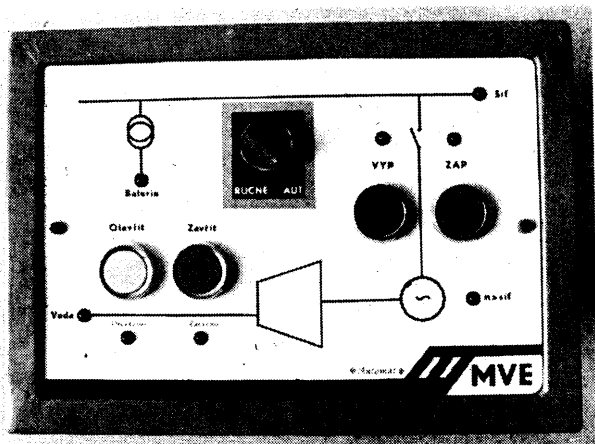
Vzájemné propojení desky s elektronickými obvody, čidel, indikačních a ovládacích prvků je na schématu v obr. 6.

Mechanická konstrukce

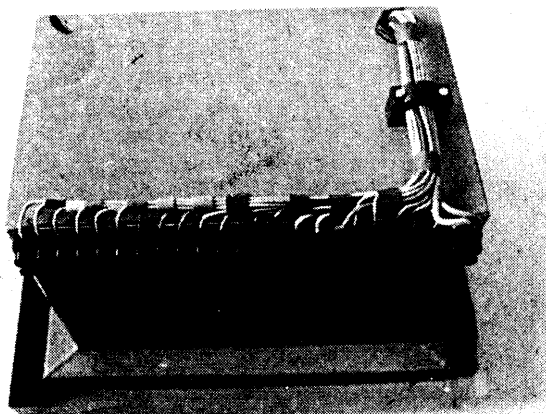
Rozměry základních mechanických dílů jsou na obr. 7, celkové uspořádání znázorňují fotografie na obr. 8 až 10.

Skříň je ohnuta a svařena ze železného plechu o tloušťce 1 mm. Její rozměry jsou uvedeny na připojených obrázcích. Čelní

panel s ovládacími tlačítky spolu s deskou s plošnými spoji tvoří jeden celek (zásuvný), po vytažení ze skříně je tak umožněn snadný přístup k součástkám. V pracovní poloze je čelní panel přišroubován ke skříni dvěma šrouby M4. Deska a tlačítka jsou připojeny svazkem ohebných vodičů, procházejícím zadní stěnou; vodič končí ve dvou svorkovnicích („čokoláda“) na horní straně skříně. Napájecí transformátor TR1 a zvonkové transformátory pro hlídání podpětí sítě jsou umístěny v silovém rozváděči mimo ovládací skříňku.



Obr. 10. Čelní panel



Obr. 11. Provedení vývodů ke svorkovnici

Podstatné zlepšení zabezpečovacího zařízení Alarmic

Josef Novák



Přicházejí bez pozvání, pustíme je dovnitř? ptá se autor článku v časopise Květy č. 37/1990, v němž informuje o vzrůstající kriminalitě a vloupáních do bytů. Na závěr článku je rada, jak zabránit případnému vloupání nebo alespoň zmírnit jeho následky. Mimo jiné uvádí autor jako nejlepší způsob ochrany fungující výstražná zvuková zařízení, která jsou běžně v prodeji, popřípadě si je zruční kutilové mohou vyrobit sami.

Vycházel jsem z první rady a koupil si značně zlevněné zařízení Alarmic TESLA. Podrobná informace o tomto zařízení včetně schématu zapojení byla uveřejněna v časopise AR A č. 4/1983 na s. 131. Do popisu se však vloudila nemilá chyba, protože ne vždy dojde k vyhlášení poplachu, zůstane-li náhodou některé okno otevřené. Zařízení má jen čtyři obvody, uzpůsobené pro zpožděné vyhlášení poplachu při vstupu nepovolané osoby. Jen v těchto případech (a to jen v případě, je-li na každém obvodu jen jeden hlídáný vchod – dveře, okno) dojde k vyhlášení poplachu i za situace, že jiný hlídáný vchod zůstane otevřený. Muselo by pak být

u každého vchodu se zpožděným vyhlášením poplachu instalováno skryté odstavovací (propouštěcí) tlačítko, aby byl poplach odstaven dříve, než dojde k jeho vyhlášení, což ale není dost dobře proveditelné. Takto hlídáné vchody jsou tedy nanejvýše dva a ostatní jsou nevyužity, nebo je vyhlášen falešný poplach. To není dobré, protože si např. sousedé mohou na signál zvyknout a na skutečný poplach již nereagují.

Pro okamžité vyhlášení poplachu je přístroj vybaven dalšími obvody, které jsou však všechny zapojeny paralelně, takže jeden sepnutý dveřní dotyk vyřadí z provozu všechny ostatní a v případě potřeby k vyhlá-

Skříňka zabezpečovacího zařízení Alarmic: 1 až 10 – signalizace vchodů, P – signalizace poplachu

šení poplachu nedojde. Celé zařízení nás tím zradí a umožní vstup nepovolané osobě.

Abych vyloučil všechny možnosti selhání zařízení, a protože ho musí umět obsluhovat také osoby neznalé věci, upravil jsem zapojení tak, že na zpožděné vstupy jsem zapojil pouze vchodové dveře (přední i zadní) a u obou dveří jsem použil odstavovací tlačítko, takže vstup je umožněn jen povolané osobě, která umí poplach odstavit. Dalších osm vstupů (dveře, okna, vikýř, větrací okénka, garáž apod.) je zapojeno přes obvody na samostatné spojové desce, která je k zařízení Alarmic připojena jen na jeden nezpožděný vstup. Tyto vchody jsou zapojeny jinak. Při aktivaci kteréhokoliv vchodu dojde k okamžité signalizaci a poplachu, i když kterýkoliv z dalších (nebo několik

dalších) vchodů je otevřeno. Totéž platí i o vchodových dveřích se zpožděním.

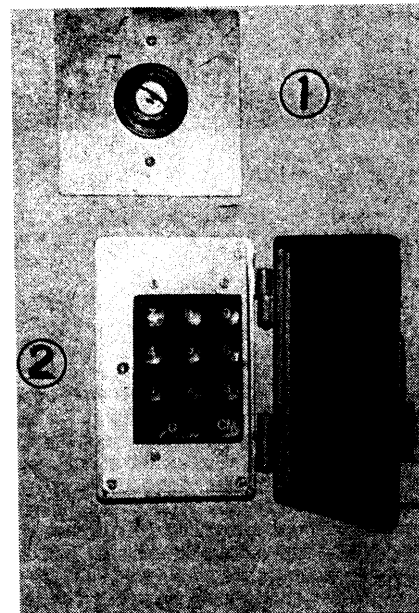
Desku přístroje Alarmic jsem vyjmul z kovové skříňky, v níž je dodávána. Horní část se svorkami jsem odřízl, protože svorky jsou uspořádány tak, že nedovolují připojit větší počet vodičů, což jsem potřeboval já. Desku jsem vestavěl do prázdné skříňky po přístroji, kterou jsem měl k dispozici. Zhotovil jsem nový čelní panel, který jsem doplnil signalizační otevřených vchodů. To usnadňuje kontrolu, který vchod (okno, dveře) zůstal otevřen. Zařízení se spíná zámkovým spínačem a stav „ZAP“ je rovněž signalizován na panelu. Přístroj je napájen z vyřazené automobilové baterie (9 V, jeden vadný článek vyřazen) s trvalým dobíjením.

Nevýhodu malého výkonu akustické signalizace, o níž byla zmínka v článku, jsem

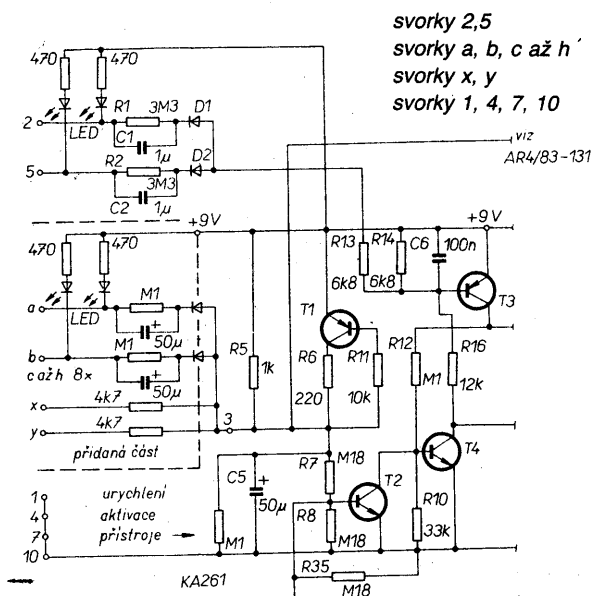
vyřešil přidáním zařízení podobným policejnímu majáku, které vydává podobný zvukový signál i blikavou světelnou návěst, aby poplach byl vidět i z větší vzdálenosti. Přídavné zařízení je napájeno ze stejné automobilové baterie a je spínáno kontakty relé LUN. Pro vyhlášení poplachu může být zapínáno ručně podle uvážení. Přídavný maják je vestavěn do plechové skříňky venkovního provedení. Žárovka (do blikáčů pro směrovky) je v horní části kryta modrou plastickou skleničkou, což působí velmi efektně.

Připojení spínačů nebo rozpojovacích doteků pro hlášení poplachu může doplnit účel hlášení poplachu a jistě nebude zručným amatérům činit potíže.

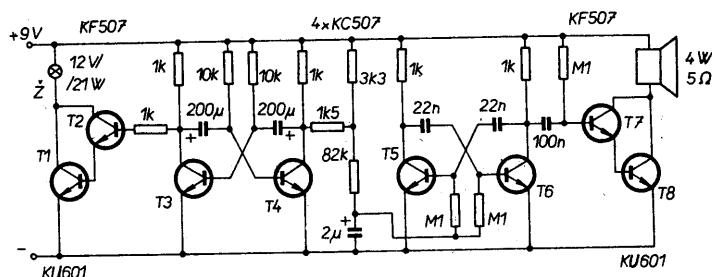
Schéma zapojení úpravy zabezpečovacího zařízení (obr. 1) i přídavné signalizace (obr. 2) jsou dostatečně výmluvné.



Obr. 3. Vypínač venkovní signalizace (majáku) se zámkem (1) a kódovací tlačítka k odstavení poplachu (2)



Obr. 1. Úprava zabezpečovacího zařízení Alarmic



Obr. 2. Přídavný „maják“ k zabezpečovacímu zařízení Alarmic

JAPONSKÁ PISTOLOVÁ KOMBINOVANÁ ODPÁJEČKA DENON SC 5000 A

Firma ERESKOM, 463 22 Liberec, uvedla na náš trh velmi účelnou pomůcku pro snadné a rychlé odpájení klasických součástek s vývody nebo součástek s povrchovou montáží z jednovrstvových nebo i vícevrstevných desek plošných spojů. Součástky se odpájejí pájecím hrotem a odsátím cínu nebo přímo proudem horkého vzduchu. Změna těchto režimů je snadná a rychlá, stačí jen přepnout páčku v zadní části pistole. Odpáječka je vybavena nejen výhřevným tělískem a teplotním čidlem, ale též malým dmychadlem horkého vzduchu, filtrem zachycujícím zbytky cínu a vibračním zařízením, usnadňujícím odpájení. Ve spodní části pistole je knoflík k plynulému nastavení potřebné teploty hrotu nebo vzduchu v rozsahu 300 °C až 450 °C, která je pak udržována automaticky. V dodávaném příslušenství odpáječky jsou výměnné náhradní hroty různých tvarů a vzduchové trysky různých průměrů. Odpáječka je napájena ze sítě 220 V, ohřevné tělísko má výkon 80 W, membránové dmychadlo je vybaveno motorkem o výkonu 12 W, celek má hmotnost jen 430 g. Pro informaci lze uvést, že odpájení všech 40 vývodů integrovaného obvodu trvá asi 3 minuty. Podrobnější technickou dokumentaci nebo přímo odpáječku lze získat i za koruny přímo na adrese firmy Mníšek 258 v Liberci.

(liv)

Obr. 1. Kombinovaná pistole DENON SC 5000 A pro odpájení součástek z desek plošných spojů pájecím hrotem nebo přímo proudem horkého vzduchu a odsátím cínu



Desky s plošnými spoji a jejich výroba

Ing. Jan Klabal

Vývoj vzájemného spojování elektronických součástek jde v celé historii elektroniky souběžně s jejich modernizací. V začátcích radiotechniky byly vývody součástek řešeny jako připojovací šroubky s maticemi, pod které se přitahoval propojovací drát. To si vyžadovalo značnou rozměrnost součástek. Propojovací vodiče, ať izolované či holé, se natahovaly buď přímo, nebo „vzhledově hezky“ do pravoúhlých obrazců. Při správné činnosti přístroje to svědčilo o mistrovství odborníka. Později se přecházelo na pájecí očka pod šroubky, což záhy vedlo ke drátovým, pájením spojovaným vývodům. Tím se mohly začít zmenšovat rozměry součástek.

Vzájemné propojování sice ještě zůstalo drátové, ale již ve třicátých letech se objevují první pokusy o jiné způsoby propojování na pevné podložce. Vznikají první vodivé laky, kterými se na izolační podložce vytvářejí spoje, různí výrobci se začínají pokoušet o galvanické pokovování či lepení ražených fólií. Začátkem čtyřicátých let se objevují první praktické pokusy realizace amerického patentu z r. 1925 na odleptávání spojů. Výrobní technologie je však drahá, takže vše upadá na několik let v zapomnění. Teprve vývoj nových materiálů a výrobních postupů umožnil koncem téhož desetiletí techniku odleptávání plošných spojů znovu oživit. V padesátých letech se začíná již úspěšně probírat na první místo ve spojování elektronických prvků.

Nové výrobní technologie materiálů pro součástky umožnily jejich další miniaturizaci a integraci. Vznikají první hybridní obvody, kde již vývody a jejich upevnění nejen na součástce, ale i na desce s plošnými spoji začíná činit potíže. Koncem šedesátých let přichází firma Philips s prvními součástkami s bezdrátovými vývody. Zahajuje tak novou éru – technologii povrchové montáže součástek, u které již vývody tvoří „jen“ boční stěny součástky, která se pak vpájí na desku ze strany spojů.

V počátcích rozvoje desek s plošnými spoji se měděná fólie lepila na tvrzený papír nebo textil, nějaký čas se používal převážně pertinax. Později, s rozvojem umělých pryskyřic se pozvolna začalo přecházet na sklolamináty se zalaminovanou měděnou fólií. Dnes se vyrábí pro různá použití značné množství různých podkladových materiálů, které se od sebe liší hlavně v použití pro kmitočtové závislé obvody, kde významnou roli hraje kapacitní vodivost této podložky. Pro velmi vysoké kmitočty řádu GHz se používají teflonové lamináty (dýroid) s příměsí dále zvyšujícími jakost podložky.

U nás se první pokusy s plošnými spoji objevují v roce 1957, hromadnější výroba se však rozjíždí až na počátku šedesátých let s fólií lepenou na pertinaxové podložce (cuprexcart). Brzy se však přechází na epoxidový laminát (cuprexit). Tyto izolační podložky se vyrábějí od tloušťky asi 0,1 mm pro speciální použití, až po několikamilimetrové, sloužící zároveň jako nosná deska k upevnění těžších součástek (transformátory, tlumivky, relé apod.). Měděné fólie mají tloušťku od 5 μm , pro mikromodulové obvody i méně, do 105 μm i více pro obvody s větší proudovou zatížitelností.

Při vlastní výrobě spojového obrazce z měděné fólie se nejčastěji používá metoda

vykrytí, kdy se část fólie, která má být na desce zachována, vhodným způsobem zakryje, aby k mědi nepronikla leptací lázeň, do které se celá deska vloží. Po odleptání nepotřebné mědi se deska očistí a případně pokryje pájecím lakem. Přesné vykrytí měděné fólie obrazcem spojů umožňuje vhodná maska. K výrobě desky s plošnými spoji je tedy potřeba, kromě vlastní desky s plátovanou mědí a vhodných pomůcek k jejímu leptání i návrh, kresba a výroba vykryvací masky – obrazce spojů, předlohy, které mají být v měděné fólii vyleptány. Předlohou se rozumí přesný výkres všech spojů a pájecích bodů nejlépe na bílém papíře, který se vhodným způsobem přenesou na měděnou fólii.

Protože správný návrh i nakreslení předlohy je základem bezchybnosti a kvality konečného výrobku – desky s plošnými spoji – probereme si podrobněji způsob jejího návrhu a výroby.

KRESBA PŘEDLOHY

Způsoby výroby předlohy v průmyslovém využití se zde zabývat nebudeme. Je to velmi obsáhlá a různě specializovaná záležitost, ve které hraje řada parametrů velkou roli, ale u amatérské kusové výroby jsou zcela nepodstatné. Jsou to např. úspory rozměrů desky a její profilování, odleptání co největšího množství mědi pro její zpětné využití aj.

Tam, kde se pouze pokusně zhotovují destičky s plošnými spoji, nebo tam, kde jde o zhotovení destiček amatérským způsobem, lze doporučit jednoduchou metodu pro přípravu předlohy ke zhotovení negativu. V těchto případech obvykle nejde o přesné provedení spojů ani o hospodárné využití plochy destičky nebo o estetickou stránku zapojení. U funkčních vzorků je kromě toho obvykle třeba počítat s dodatečnými úpravami zapojení a uložení spojů. Vychází se od požadovaného elektrického zapojení. Na plochu, která je k dispozici, se rozloží nejprve co nejvhodnější všechny potřebné součástky. Potom se snažíme propojit součástky „spoji“, které mnohdy musí obcházet různé body a vzájemně se vyhybat. U správně provedeného návrhu musí být nejmenší počet přechodů, a to opravdu jen v nevyhnutelných případech. Obzvláště při prvních návrzích se musí zapojení někdy i několikrát přepracovat.

Protože upravené spoje vždy vyžadují výrobu nové desky s plošnými spoji, je výhodné v těchto případech si navržené zapojení nejprve pokusně odzkoušet drátovým propojením. Použijeme k tomu desku z tvrdšího papíru, kde spoje vedeme podle navržené předlohy dráty. Má to tu výhodu, že vodiče i součástky lze v případě potřeby (zakmitávání aj.) přemístit a nalézt optimální řešení propojení bez toho, abychom několikrát za sebou odleptávali novou desku s plošnými spoji. Teprve až je funkce drátového propojení bezchybná, vyrobíme podle něj konečný návrh předlohy.

Při návrhu předlohy je vždy vhodné respektovat doporučené rozměry modulového rastru, průměry pájecích bodů, šířky spojů a jejich vzájemné vzdálenosti. Tak např. při volbě vzdálenosti mezi sousedními vodiči je třeba přihlížet k výrobním možnostem, izolačnímu odporu, minimální překo-

kové vzdálenosti při použití vyššího napětí a popř. i ke kapacitě spojů. Kromě toho je třeba rozhodnout, zda bude zapojení řešeno soustavou spojovacích vodičů, nebo soustavou dělicích čar. Soustava dělicích čar bývá náročnější, neboť je v ní poněkud ztížena představa vlastních spojů. Dále je třeba přihlížet k vzniklým parazitním kapacitám, které jsou dány velkými plochami spojů.

Vlastní předloha spojů se kreslí na bílý kladivkový papír ve zvětšeném měřítku. Volba měřítka závisí na velikosti destičky a bývá nejčastěji 1:2 až 1:10. Vychází se opět z rastru, pájecích bodů a teprve naposled se měkkou tužkou naznačí předpokládaný průběh spojů. Hned zpočátku je třeba přesně dodržovat vzdálenosti mezi pájecími body a spojovacími vodiči. Některá měřítka poněkud zkreslují představu o skutečné vzdálenosti a je nutné počítat s jejím zmenšením. Po dokončení návrhu „v tužce“ se vytáhne celé zapojení dobrou krycí nelesklou tuší. Je výhodné nejprve obhábnout obrysy pájecích bodů a spojů a teprve potom tuší vyplnit plochy. „Přetáhne-li“ někde kreslič, nemá opravovat škrábáním. Vadné místo lze totiž vykrytí bělobou. Kromě spojů se musí na předloze zakreslit přesné měřítko a ohraničení okrajů destičky. Často se také některé pájecí body označují písmeny nebo číslicemi. Zde je nutno dbát na to, aby tyto znaky byly dostatečně vzdáleny od budoucích spojů, čímž je zaručena minimální vzdálenost při zmenšení předlohy. Je žádoucí dávat typové označení výrobku na velké zemnicí plochy, popř. na nevyužitá místa na destičce, aby se zbytečně nezeslaboval průřez spoje hlavně tam, kde jde o proudový vodič.

Původně se používalo jen tenkých spojů, které vlastně měly nahradit drátové vodiče. Vše ostatní se z destičky odleptalo. Později se přešlo na soustavu s dělicími čarami, kde nelze mluvit o průřezu. Vadné místo lze totiž značně měnit. Plného zatížení plošných spojů se většinou téměř nikdy nevyužije. Zatížitelnost plochých spojů je neobyčejně velká, neboť v porovnání s drátovým vodičem má plošný spoj daleko větší ochlazovací plochu. Měděný drát průřezu 0,07 mm² se přetaví při proudu 15 A, kdežto měděná fólie plošného spoje průřezu 0,075 mm², zhotovená elektrolyticky, se přetaví až při proudu 60 A. Plošný spoj šířky 1,5 mm a tloušťky 50 μm se proudem 2 A při 20 °C ohřeje na 30 °C a proudem 5 A na 120 °C.

Při návrhu musíme přihlížet i k hustotě spojů, k teplu sálajícímu ze zabudovaných součástek, jejichž teplota zpravidla značně převyšuje oteplení spojů procházejícím proudem. Pro běžnou amatérskou praxi lze za nejmenší vzdálenost považovat 0,6 mm. Doporučuje se však raději volit o něco více, aby při pájení nevzniklo nebezpečí překlenují spojů cinem. Při vyšším napětí jsou tyto vzdálenosti předepsány obecně platnými bezpečnostními předpisy. Dále se musí pamatovat na praktickou proveditelnost těch spojů, které budou blízko sebe, a na bezpečnost po delším provozu, po zaprášení, znečištění apod.

Jiným problémem je návrh rozložení součástek a jejich propojení u kmitočtové závislých obvodů. Jde-li o zařízení pro zpracování vyšších kmitočtů, jako jsou např. vstupní či mezifrekvenční zesilovače rozhlasových

nebo televizních přijímačů a další v obvodu, pak si musíme ujasnit, kde všude může vznikat kladná zpětná vazba. Ta, vznikne-li, zavádí do signálu zkreslení, případně může způsobit i nakmitávání až i rozkmitání zesilovače. Takto nevhodně navržená deska s plošnými spoji je pak nepoužitelná a musí se zapojovat dodatečně útlumové členy, které však zhoršují účinnost zesilovače.

U návrhu desek s plošnými spoji pro vysoké kmitočty vzniká ještě další nebezpečí a to délka vř spojů, s kterou je nutno počítat při návrhu indukčnosti vř cívky připojené ke spoji. Rovněž spoje vedoucí vř energií a ležící vedle sebe mohou vlivem vzájemné kapacity mezi spoji a zmíněnou indukčností vzájemně ovlivňovat přenášené signály a vyvolat tak nežádoucí intermodulační zkreslení nebo superpozici silnějšího signálu na slabší. Návrh desky s plošnými spoji pro vysokofrekvenční obvody je proto vždy záležitostí dobrých znalostí jejich chování, aby výsledek splnil očekávání. Velmi důležitá a často podceňovaná právě u vř zapojení je zemní plocha a vedení uzemňovacích spojů. Délka zemního spoje, která je srovnatelná se čtvrtinou nebo polovinou délky vlny přenášených kmitočtů, může způsobit velmi nežádoucí jevy. Má-li zesilovač přenášet široké pásmo kmitočtů, pak, je-li délka zemního spoje pro některý z nich rovna čtvrtině vlnové délky, vzniká stav, kdy je obvod sice galvanicky dokonale propojený, ale pro tento kmitočet působí spoj jako impedance s vysokým odporem, což má za následek značný útlum, nebo naopak kmitání, se všemi tomu odpovídajícími důsledky. Tento jev, kdy zapojení je opticky i stejnosměrně v pořádku a přenášené pásmo je přesto přenášeno značně nerovnoměrně, se obtížně lokalizuje. Závada se obvykle hledá v laděných obvodech, aktivních či pasivních prvcích, než se přijde na to, že je způsobena nevhodným zemněním. Lze je odstranit buď dodatečným prozumným drátem či páskem mědi, případně novým vhodně upraveným návrhem a výrobou nové desky s plošnými spoji. V ní jsou pak spoje, ať již „živé“ či zemní, kratší než desetina vlnové délky nejvyššího zpracovávaného kmitočtu. U soustavy spojů se takto zemní na společný zemní bod – plošku s co nejkratšími přívody od součástek.

Pro vícestupňové obvody se také často používá systém „hřizd“ s obklopující smyčkou plochy zemního vodiče. Útlum, který tato smyčka vytváří, pokud není zrovna délka okraje měděné smyčky srovnatelná se čtvrtinou vlnové délky některého ze zpracovávaných kmitočtů, není příliš na závadu, polovina vlnové délky však může již způsobit nepřijemnosti v zakmitávání a transformaci vř energie do dalšího stupně. V takovém případě se pak smyčka přeruší a vkládá se vhodná tlumivá vinutá cívka (20 až 30 závitů drátu na feritové tyčce). Proto se u profesionálních výrobků občas objevují zdánlivě nesmyslné zapojení tyto malé vř tlumivky. Estetický vzhled a protoúhlavé rozložení součástek jsou až další v pořadí, při návrhu předlohy. Oku lahodící design si u návrhu mohou dovolit jen ti, kteří dokonale znají vlastnosti, příčiny a důsledky funkce kmitočtové závislých obvodů.

U stejnosměrných obvodů je naopak rozložení součástek na desce s plošnými spoji s estetického hlediska snahou i u méně zdatných amatérů. Pohled na desku, na které jsou součástky „poházené bez ladu a skladu“ nevzbuzuje důvěru v návrháře



Obr. 1. Pájecí ploška na drátový vývod součástky

i konstruktéra. Naopak, vytvářejí-li rezistory a další součástky vislé a vodorovné řady, lze předpokládat, že tvůrce návrhu problematiku plně ovládá.

Při návrhu desky s plošnými spoji vychází vždy z nakresleného schématu a to i u zdánlivě velmi jednoduchých zapojení. To proto, abychom na některý spoj nezapomněli.

Mějme tedy k dispozici schéma zapojení a naším úkolem je navrhnout v soustavě spojů předlohu pro výrobu desky s plošnými spoji. Při návrhu musíme především vycházet z předchozích informací o požadavcích na spoje a zemění. Dále má mít deska určité rozměry, dané rozměry skřínky, do které hodláme celý přístroj vložit. Jednodušší však je, necháme-li výběr nebo zhotovení skřínky až po výrobě desky s plošnými spoji.

Abychom mohli desku účelně navrhnout, je třeba si ji nakreslit, nejlépe na milimetrový papír. Musíme však počítat s tím, že některý milimetrový papír je nepřesný, a proto si jej nejprve zkontrolujeme např. posuvným měřítkem (i na milimetrovém papíře je vhodné a někdy i rychlejší používat pro větší rozteče přesné měřítko).

Při návrhu je výhodné dodržovat pro všechny otvory rozteč základní sítě 2,5 mm nebo její násobky, protože pro tuto síť jsou konstruovány součástky určené pro plošné spoje. U subminiaturních součástek bývá rozteč poloviční (1,25 mm) případně menší, jak si blíže řekneme v kapitole o povrchové montáži součástek. Bylo by tedy nejvýhodnější sehnat papír s touto roztečí, což se však asi vždycky nepovede.

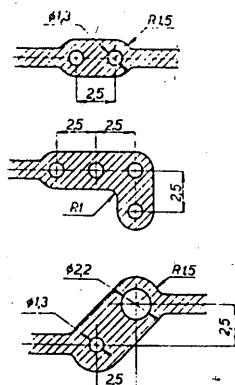
Pro techniku plošných spojů budeme používat tzv. modulové otvory o $\varnothing 1,3 \pm 0,1$ mm. Jsme-li dostatečně přesní, volíme raději zápornou toleranci. V amatérské praxi je možné použít i otvory o $\varnothing 1,1$ mm pro vodiče, i když k upevnění součástek je vhodnější $\varnothing 1,3$ mm (za předpokladu, že otvory budeme vrtat, nikoli razit).

Nejprve zvolíme základní koncepci (rozmístění velkých součástek) při respektování elektrických i mechanických požadavků na zařízení. Máme-li součástky pohromadě, je nejlepší rozmístit je přímo na papír, abychom viděli také prostorové uspořádání.

U papíru necháme dostatečně velké okraje, abychom případně návrh mohli přiložit na uříznutou desku, okraje zahnout a použít náčrtek přímo při výrobě desky s plošnými spoji. Tím odpadne orýsování roztečí.

Po rozestavení součástek na papír kreslíme tužkou jejich obrysy a dbáme, aby vývody byly umístěny v základní síti (2,5 mm). Je třeba si uvědomit, že kreslíme obrazec plošných spojů tak, jak bude vypadat při pohledu ze strany fólie a že tedy součástky budou upevněny z druhé strany.

Součástky (zejména rezistory a kondenzátory) orientujeme pokud možno jen ve dvou



Obr. 2. Pájecí plošky pro několik vývodů a jejich rozteče

vzájemně kolmých osách. Jednotlivé pájecí body propojujeme podle schématu co nejkratší cestou a současně dbáme, aby rozmístění vyhovovalo po elektrické stránce. Choulostivé spoje nebo spoje s větším napětím navrhujeme co nejkratší, zemnicí plochy rozšiřujeme, popřípadě jimi stíníme jiné spoje.

Abychom měli alespoň nějakou směrnici, budeme při kreslení dodržovat některá doporučení Tesly Přelouč (pokud nám to konstrukce dovolí).

Plocha pro běžný pájecí bod je na obr. 1. Pro připojení konce drátového vývodu bez otvoru (na plochu fólie) je průměr pájecího bodu 5 mm. Počítáme s tím, že vodič bude částečně také mechanicky namáhán.

Rozteče otvorů s pájecími body pro součástky s drátovými vývody, popřípadě pro propojení se sousedním otvorem jsou na obr. 2.

Dva pájecí body, které nemají být navzájem vodičy spojeny, mohou vedle sebe ležet na nejmenší rozteči 5 mm (obr. 3).

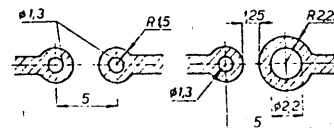
Sousedící izolované pájecí body s jedním spojem mezi nimi můžeme udělat podle obr. 4, přičemž se snažíme dodržet mezeru 1,25 mm mezi pájecími body, a to i když tam prochází více vodičů.

Mezeru mezi dvěma pájecími body je možné zvětšit způsobem podle obr. 5.

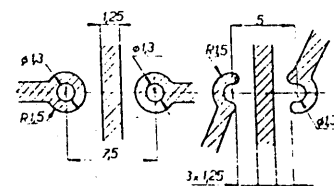
Pro tranzistory se může uspořádat skupina otvorů podle obr. 6.

Okrajové spoje vedeme minimálně 1,25 mm od obrysové hrany desky. Při vedení spoje až k hraně je nebezpečí mechanického poškození (odtržení fólie od základního materiálu). Vodiče odbočujeme pod úhlem 90° (obr. 7).

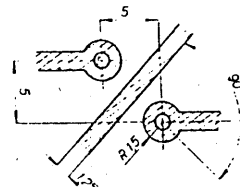
U rezistorů, kondenzátorů a zvláště polovodičů musíme dbát na dostatečnou délku vývodů vzhledem k nebezpečí poškození



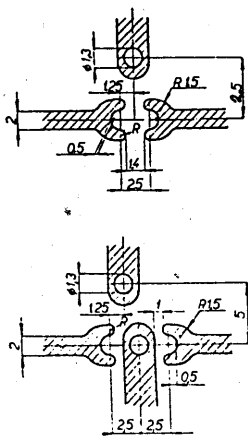
Obr. 3. Rozteč mezi dvěma oddělenými pájecími body



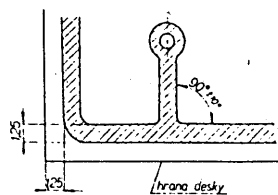
Obr. 4. Přůchozí spoj mezi dvěma pájecími body



Obr. 5. Zvětšení mezery mezi pájecími body



Obr. 6. Různé způsoby uspořádání pájecích plošek pro vývody tranzistorů



Obr. 7. Odbočování plošných spojů

součástky teplem při pájení. Minimální vzdálenost ohybu vývodu od součástky je 2,5 mm (pokud je to z tepelných a mechanických důvodů možné).

Podle tohoto doporučení vytvoříme na milimetrovém papíře obrazec plošných spojů s tenčí předkresleným rozmištěním součástek. Zakreslíme také všechny otvory pro připevnění součástek apod. U otvorů označujeme i jejich středy.

Zhotovený návrh důkladně překontrolujeme! Je rozhodně jednodušší celý návrh třeba i překreslit, než vyrábět novou desku s plošnými spoji.

PŘEDLOHA PRO POVRCHOVOU MONTÁŽ SOUČÁSTEK

Nabídka našich prodejců součástek v současné době se již nevyhýbá ani prvkům pro povrchovou montáž součástek (SMD) a to nejen integrovaných obvodů a dalších polovodičů, ale dostanou se již koupit i rezistory a kondenzátory. To umožňuje, aby se tato technologie, původně určená jen pro velkosériovou produkci, přesunula i do malosériové a dokonce i kusové a amatérské výroby. Odhaduje se, že klasické miniaturní prvky s drátovými vývody ztěžují výrobní dojíždě druhé poloviny tohoto desetiletí. A protože práce s prvky SMD vyžaduje i určité specifické přístupy, především při návrhu desek s plošnými spoji, seznámíme se s nimi blíže.

Nejprve však k technologii samotné. Součástky pro povrchovou montáž – SMD (česky označované SPM) a jejich povrchová montáž (PM) na desku ze strany plošných spojů, jsou dnes ve světě převládající obvodovou technologií. Elektronické prvky s drátovými vývody, ač jsou sebevíce miniaturizovány, mají „odtroubeno“ k ústupu. Zatím se jich však ještě používá a to převážně u tzv. smíšených montáží, kdy ze strany spojů jsou připájeny prvky SMD a z druhé strany pak součástky s drátovými vývody. Tato smíšená montáž bude zřejmě i v blízké budoucnosti stěžejní především u amatérských výrobků.

Nová technologie má přednost nejen ve

své jednoduchosti. Další její výhodou je podstatně větší hustota součástek na desce plošných spojů. Je pochopitelné, že u plošné montáže, ve světě označované zkratkou SMA, bude záležet, jaké typy součástek se na desku plošného spoje budou osazovat. Při aplikaci pasivních součástek SMD, tranzistorů v pouzdru SOT (small outline transistor – tranzistor malých rozměrů) a integrovaných obvodů v pouzdru SO je možné zmenšit modul zapojení z 2,5 mm (2,54 mm) na 1,25 mm (1,27 mm). V případě použití aktivních součástek větší integrace, jako jsou nosiče čipu (obvody flat pack a obvody quad pack) je možné přejít ještě na menší moduly (0,635 mm, 0,625 mm, 0,406 mm a 0,254 mm).

Z uvedených aspektů je zřejmé, jaký vliv a dopad má použití nových typů součástek na vlastní nosnou desku plošných spojů. Při povrchové montáži pasivních součástek a obvodů malé integrace lze používat desky plošných spojů bez otvorů.

Povrchová montáž součástek má před klasickými technologiemi, které nahrazuje, několik předností. Jsou to:

- podstatná redukce potřebné plochy desky plošných spojů; zmenšení potřebné plochy je od 40 % do 70 % (průměrně o 50 %).
- větší hustota osazené desky,
- podstatné snížení nákladů na osazení desky,
- možnost zcela automatizovaného osazení součástek na desku plošného spoje,
- větší odolnost proti nárazům a vibracím (důsledkem menší hmotnosti součástek a pevnější přichycení),
- větší spolehlivost osazených desek se součástkami SMD v důsledku menšího počtu pájených spojů,
- výhodnější vysokofrekvenční vlastnosti (odstranění parazitních kapacit a indukčností přívodů)
- nižší cena (menší spotřeba materiálů),
- unifikace typů jednotlivých desek,
- zvýšení uživatelských hodnot a kvality,
- menší spotřeba materiálů,
- menší prostor potřebný pro výrobu plošných spojů,
- menší hmotnost a menší rozměry hotových výrobků,
- levnější desky plošných spojů; není zapotřebí vrtání a pokovování otvorů (při aplikaci pasivních součástek a obvodů malé integrace).

Vzhledem k pokračující miniaturizaci je nutné přecházet k menším rastrům zapojení, a tím i ke zvětšení hustoty osazených součástek na desce plošných spojů. Výhodou povrchové montáže součástek je i to, že mohou být osazovány na obou stranách desky.

V současné době, kdy je v elektronickém průmyslu hnací silou číslicová technika, jsou nejčastěji používanými součástkami polovodičové prvky – integrované obvody a tranzistory. Dá se říci, že dominantní polovodičovou součástkou pro povrchovou montáž jsou integrované obvody. Jsou vyráběny v různých provedeních: integrované obvody s malými rozměry (SO nebo SOIC), nosiče čipu na plastovém nosiči (PLCC) a s méně používaným pouzdrům typu flat pack nebo quad pack.

Tranzistory pro povrchovou montáž se vyrábějí ve třech modifikacích v plastovém pouzdru s malými rozměry: SOT-23, SOT-89 a SOT-143. V tomto pouzdru lze zhotovovat tranzistory, diody a FET. SOT-143 je čtyřvývodová verze SOT-23 se stejnými rozměry a teplotními charakteristikami, SOT-89 je poněkud většího provedení než SOT-23 o jmenovitém zatížení do 1 W.

Diody a stabilizační diody mohou být pouzdrěny v provedení MELF (metal electrode face bonding) a Mini MELF s malým

válcovým tvarem o jmenovitém zatížení až do 0,5 W.

Po polovodičích jsou u povrchové montáže nejvíce zastoupeny čipové rezistory a kondenzátory. Rozmezí dodávaných rezistorů v tomto provedení je od 10 Ω do 2,2 M Ω . Kondenzátory SMD se dělí do tří kategorií: keramické několikvrstvé (asi 18 %) o kapacitě 1 pF až 1 μ F, tantalové o kapacitě 0,1 až 100 μ F a elektrolytické hliníkové o kapacitě od 1,5 do 47 μ F.

Ve vývoji jsou ještě další typy konstrukčních součástek, jako např. toroidní transformátory, magnetické součástky, pulsní transformátory, konektory, přepínače, jazýčkové spínače, křemenné krystaly apod.

Vývoj v této technologické oblasti neustále rychle pokračuje.

Při průmyslové povrchové montáži lze elektricky vodivý spoj mezi vývodem součástky a deskou plošných spojů vytvořit buď tradičním způsobem – pájením (přetavením nebo vlnou), nebo použitím elektricky vodivého lepidla. Pájení přetavením se používá, jsou-li k dispozici všechny součástky v provedení pro povrchovou montáž. V tomto případě jde o tzv. čistou povrchovou montáž. Součástky se osazují do pájecí pasty, která má určitou lepicí schopnost a dostatečné přichytí osazovanou součástku na desku plošných spojů. Pasta se na desku plošných spojů nanáší většinou síťotiskem nebo pomocí šablony. Po osazení se pájka ohřeje a přetaví (pájení infraohřevem, kondenzační pájení atd.). Při metodě pájení vlnou případně běžném pájení pájkou je nejprve třeba přilepit (přichytit) součástky na desku plošných spojů. Proto se nejdříve nanese (dávkováním nebo síťotiskem) na desku plošného spoje příslušné množství lepidla, potřebné pro přilepení součástek. Pak následuje osazení bezvývodových (čipových) součástek, lepidlo se vytvrdí a pevně přichytí osazené součástky. Deska se pak obrátí a osazené přilepené součástky se pájejí vlnou. Pájecí vlna může být jednoduchá s turbulentním účinkem, dvojitá, popř. i trojitá. Tento způsob pájení lze výhodně použít i v případě, kdy nejsou k dispozici všechny potřebné součástky v provedení pro povrchovou montáž (SMD) a je nutné přistoupit ke smíšené montáži, tj. osazením klasickými součástkami s vývody a součástkami bez vývodů (SMD) na jednu desku. Bezvývodové součástky jsou pak osazeny mezi vývody klasických součástek na straně pájení desky plošného spoje a všechny součástky se pájejí najednou.

U povrchové montáže součástek se pro výrobu desek plošných spojů nevyžadují speciální materiály. Je tedy možné používat desky běžného provedení, jako např. z tvrzeného papíru, skloepoxidového laminátu apod. V zahraničí se pro tuto technologii nejvíce používá materiál FR4. Pro jednostranné aplikace lze používat i materiál FR3 a pro vysokofrekvenční aplikace pak speciální materiály.

Přechodem na technologii povrchové montáže lze podstatně omezit potřebné rozměry desky plošných spojů. V určitém případě je možné velikost desky zachovat a lze zmenšit hustotu osazení součástek, což přispívá k lepším teplotním poměrům desky a ke zvýšení její spolehlivosti.

Materiál desky plošných spojů pro povrchovou montáž by měl mít součinitel délkové roztažnosti přibližně stejný jako materiál použitých součástek. Jinak by v důsledku rozdílných tepelných dilatací desky plošných spojů a součástky mohlo vzniknout nadměrné mechanické namáhání pájeného spoje. Velikost mechanického napětí je přitom dána rozdílem teplot, velikostí součástky a rozdílem součinitelů délkové roztažnosti. Bezpečné osazování součástek nezávisí tedy jen na jejich velikosti, ale např. i na

režimu pracovního nasazení zapájeného zařízení, tj. zejména na mezních teplotách při provozu a na změnách teploty okolí. Odolnost zapájeného spoje proti prasknutí závisí také na jeho tvaru. V některých případech je tedy nutné použít speciálně upravené desky plošných spojů. Při běžné aplikaci povrchové montáže na skloepoxidové desce plošných spojů (FR4) mohou být podle zkušeností bez nebezpečí následujícího popraskání zapájených spojů osazovány miniaturní pasivní součástky (rezistory, keramické kondenzátory) až do velikosti 10 mm, integrované obvody v provedení SO, plastové nosiče čipu, obvody flat pack, quad pack, TAB (Mikropack) atd. Nedoporučuje se osazovat keramické nosiče čipu, jejichž součinitel délkové roztažnosti neodpovídá roztažnosti desky.

Tloušťky desek plošných spojů se neliší od běžných provedení. V současné době jsou u evropských výrobců k dispozici desky o tloušťkách 0,8 až 3,2 mm, přednostní rozměr je 1,6 mm. Měděná fólie se vyrábí v tloušťkách 35 μ m, 70 μ m a 105 μ m, popř. i více. Materiál FR4 je dodáván s měděnou fólií o tloušťce 18 μ m, 9 μ m i 5 μ m. Tyto nejtenčí fólie se používají pro nejjemnější spoje, což je právě případ některých speciálních aplikací povrchové montáže.

Použitím miniaturních součástek SMD podstatně vzrostla hustota spojů a součástek na desce. S tím souvisí i rostoucí požadavky na zhotovení jemnějších vodičů a mezer pro některé aplikace. Již po celé desetiletí prognózy směřovaly k požadovanému rozměru šířky vodičů pod 0,12 mm (120 μ m). Skutečnost však vypadala zcela jinak; přes 90 % dnes vyráběných desek má šířku vodiče = 0,25 mm. Hlavním důvodem tohoto zpoždění bylo selhání aplikace vhodných technologií výroby plošných spojů. S dnešními technologiemi výroby desek je možné s poměrně malými náklady zhotovovat spoje o šířce od 0,15 mm. Požadavky na příliš velkou hustotu vodičového obrazce u speciálních aplikací mohou způsobit velkou zmetkovitost výroby a vést k nadměrným cenám desek. A přitom již existují metody, jimiž lze ekonomicky vyrábět desky s velkou hustotou vodičových obrazců. Před nasazením technologie povrchové montáže se na deskách plošných spojů vrtaly pro vývodové součástky otvory v rastru 2,54 mm. Součástky pro povrchovou montáž jsou však vyráběny v rastru 1,27 mm a menším. A tak nyní výrobci plošných spojů musí čelit požadavkům na jemnější obrazce spojů. Některé firmy, specializované na výrobu desek plošných spojů s velkou hustotou propojení, používají pro obvody SO a PLCC v rastru 1,27 mm šířky spojů a mezer vodičového obrazce 0,2 mm, propojovací otvory mají průměr 0,5 mm.

Odborníci tvrdí, že u příští generace používání integrovaných obvodů v rastru 0,635 mm budou zapotřebí šířky spojů a mezer menší než 0,127 mm. Z elektrického hlediska bez problémů jsou vodiče a mezery s šířkou 0,16 a 0,2 mm. V tomto případě je možné v rastru 2,54 mm vést až dva spoje mezi vývody osazeného integrovaného obvodu. Tím lze hustotu propojení zvýšit o 20 až 40 %. Tuto technologii využívají přední výrobci desek plošných spojů. Určité problémy však nastávají při dalším zpracování desek. Vzhledem k malým mezerám mezi spoji mohou při pájení snadno vznikat můstky. Jejich následné odstranění je však zdlouhavé a nákladné. Kromě toho jsou spoje s takovou hustotou zapojení náchylné na poškození při transportu i při osazování součástek. Výroba desek plošných spojů s velkou hustotou zapojení tedy není zcela bez problémů.

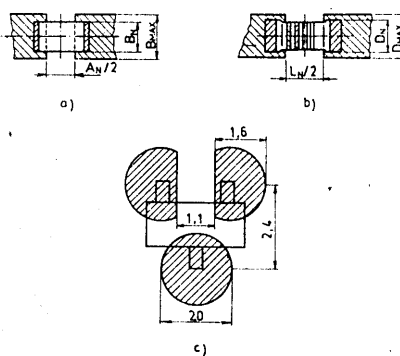
Při povrchové montáži se má postupně přecházet k ještě menším rastrům. Lze bez

nadsázky tvrdit, že ve velmi krátké době budou šířky spojů a mezer okolo 0,076 mm. Bude to ale prozatím u speciálních aplikací. Ve spotřební elektronice se tento trend z ekonomických důvodů neprojeví. S vyšší pracovní frekvencí nově vyvíjených obvodů se zvyšují požadavky na kratší propojení nejen uvnitř integrovaných obvodů, ale také v jejich nejbližším okolí.

Návrh desky plošných spojů, tvary pájecích plošek a potřebné vzdálenosti mezi součástkami a vodiči musí být přizpůsobeny jednak součástkám SMD, jednak tvarovým a zpracovatelským požadavkům na zhotovený výrobek (desku). Při návrhu plošných spojů je nutné brát v úvahu tato hlediska:

- typ osazované součástky; použitý typ součástky má vliv na postup pájení, a tím také na tvar pájecích plošek. Některé součástky SMD (flat pack, nosiče čipu, PGA atd.) vyžadují pájení přetavením, smíšená montáž naopak zase běžné pájení,
- tolerance desky plošných spojů a součástek ovlivňují potřebné velikosti pájecích plošek,
- technologie pájení; při pájení ponorem (vlnou) nebo pájkou je cín na příslušná pájecí místa (pájecí plošky) nanášen až při vlastním procesu pájení. Přitom je nutné zajistit, aby mezi sousedními součástkami byl dostatek prostoru. Také vzdálenost mezi sousedními vodiči a součástkami nesmí být menší než minimální přípustné hodnoty, aby se zabránilo vzniku můstků nebo zkratů. Ze stejných důvodů nemohou být také součástky pro povrchovou montáž s malými roztečemi vývodů pájeny vlnou nebo ručně,
- vysokofrekvenční použití; speciálním případem jsou vysokofrekvenční zapojení, při kterých vedení spojů a jejich vzdálenosti mají důležitý význam, a při pravidlech návrhů spojů je na to nutné brát zřetel, jak již jsme si řekli.

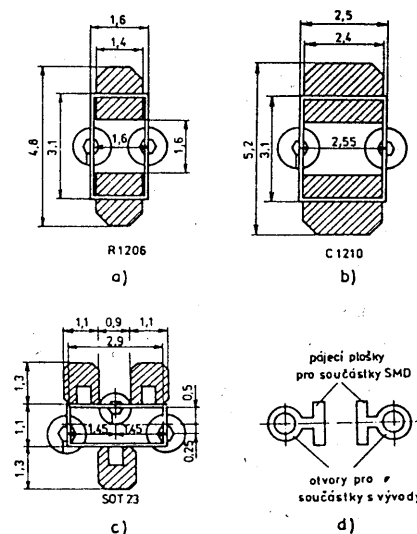
Ze všech uvedených hledisek je zřejmé, že jedním z nejdůležitějších je technologie pájení. Podle způsobu pájení se tedy podstatně navzájem odlišují i tvary pájecích plošek. Např. na obr. 8 jsou typické pájecí plošky pro kondenzátor (a) rezistor (b) a tranzistor (c) určené pro ruční pájení, kdežto na obr. 9 jsou pájecí plošky určené pro pájení přetavením. Pro pájení vlnou nebo ruční jsou plošky užší a delší, aby umožnily vznik meniskusu pájky, kdežto pro pájení přetavením jsou pájecí plošky širší a kratší.



Obr. 8. Rozměry pájecích plošek pro součástky SMD při ručním osazování a pájení

- a) pravoúhlá součástka SMD (B_N) – jmenovitá šířka součástky, B_{max} – zvětšená šířka pájecí plošky, A_N – jmenovitá délka součástky),
b) válcová součástka SMD (D_N) – jmenovitý průměr součástky, D_{max} – zvětšená šířka pájecí plošky),
c) rozměr a tvar pájecích plošek pro pouzdro SOT – 23

Plošky pro ruční pájení (a vlnou) jsou v tomto případě určené i pro ruční osazování součástek.



Obr. 9. Rozměry pájecích plošek pro součástky SMD při automatickém způsobu osazování a pájení vlnou

- a) pájecí plošky pro pravoúhlý rezistor 1206
b) pájecí plošky pro pravoúhlý kondenzátor 1210
c) pájecí plošky pro tranzistor v pouzdru SOT-23
d) pájecí plošky pro smíšenou montáž

V současné době existuje mnoho různých doporučení pro návrh umístění spojů a pájecích plošek, které se v některých případech dosti podstatně odlišují. Jelikož se řada potřebných součástek neustále doplňuje a mění (stejně jako osazovací zařízení), budou diskuse o pokládání potřebných spojů a o velikosti a tvaru pájecích plošek ještě nějakou dobu pokračovat. V současné době neexistuje žádné závazné doporučení, které by bylo shodné pro všechny potřebné aplikace.

Je tedy nutné zaměřit se v první řadě na způsob pájení součástek, a tomu pájecí plošky přizpůsobit. Kromě toho musí být pamatováno i na vyvrtání otvorů pro smíšenou montáž. Dodržené musí být i minimální vzdálenosti mezi sousedními součástkami a vedenými spoji, které nesmějí překročit minimální hodnoty, jinak se mohou z pájky vytvářet propojovací můstky.

Návrh desky s plošnými spoji pro smíšenou montáž tedy není jednoduchou záležitostí a lze jej proto doporučit jen těm nejzručnějším a vespějším amatérům.

KLIŠÉ

neboli přesný obraz požadovaných spojů v poměru 1:1 vychází z předlohy nakreslené v takovém měřítku, které je pro kreslení výhodné. Před jeho vyrobením musíme uvážit, zda budeme celé zapojení realizovat na jedné, třeba i větší desce s plošnými spoji, nebo je rozdělíme na několik částí, z nichž každá bude mít vlastní destičku s plošnými spoji. Oba způsoby mají své výhody a nevýhody. Při konstrukci na jedinou desku jsou všechny obvody vůči sobě trvale ve stejné poloze, celek je mechanicky pevnější, jednodušší se upevňuje do skříňky či pouzdra. Vhodným rozmištěním obvodů dosáhneme poměrně efektivního využití místa. Při rozdělení zapojení na několik obvodů jsou větší potíže s upevňováním desek a může dojít např. k nežádoucím vazbám při propojování jednotlivých destiček mezi sebou. Na druhou

straně se zapojení snáze uvádí do chodu, protože je možné předem nastavit jednotlivé části; při dodatečných úpravách nebo změnách stačí vyměnit jedinou destičku a ostatní ponechat, mnohdy se podaří lépe využít prostoru, který je k dispozici (především tehdy, je-li prostor rozdělen většími mechanickými součástkami nebo díly, např. transformátory, obrazovkou, přepínači apod.). Při návrhu menších destiček se vyskytne mnohem méně problémů a návrh je rychlejší. V neposlední řadě je na místě i úvaha, zda nějakou část konstruovaného zařízení (nř zesilovač, zdroj apod.) nebudeme potřebovat v budoucnosti znovu – potom je výhodné umístit ji na samostatnou destičku a přistě si ušetříme práci s návrhem.

Pro amatérskou potřebu je lépe volit menší destičky. Jednak je návrh obrazce plošných spojů mnohem snazší, což pomůže hlavně začátečníkům nebo těm, kteří se navrhováním nezabývají příliš často, jednak oceníme výhodu menších destiček i při vlastní výrobě, kdy stačí menší misky, menší množství roztoku a chemikálií a konečně v případě, že se destička nepovede, „zkazili jsme“ menší kus materiálu.

A ještě několik rad, než začneme kreslit předlohu. U složitějšího zapojení je výhodné udělat si návrh rozložení součástek a jejich zevrubné propojení v měřítku 1:1. Taková skica kreslená z pohledu na součástky usnadní volbu velikosti desky, konečné rozložení součástek a hlavně kresbu budoucí předlohy. Při rozmísťování součástek je nutné dbát, kromě již uvedených požadavků i následujících zásad, aby:

- cesta signálu, ať nízkofrekvenčního nebo vysokofrekvenčního, byla vždy co nejkratší;
- součástky, na nichž je např. zesilovaný signál, nebyly blízko u zdrojů možných rušivých napětí, jako jsou transformátory, tlumivky, kontakty apod.;
- polovodičové součástky a ostatní součástky citlivé na teplotu byly co nejdále od zdrojů tepla;
- cívky a keramické kondenzátory laděných obvodů, jejichž parametry také většinou závisí na teplotě, byly od tepelných zdrojů co nejdále;
- výstup a vstup jednoho stupně nebyly příliš blízko sebe a aby tím nedocházelo k nežádoucím vazbám;
- spoje, které mezi jednotlivými součástkami povedou, byly co nejkratší a aby se pokud možno nekřížily;
- vývody z destičky byly umístěny v takovém místě, aby napojení na zdroj a případně další destičky nebo součástky bylo co nejkratší.

Společný pól zdroje – většinou záporný („zemní“) – se snažíme vést tak, aby procházel mezi místy, mezi nimiž by neměla vzniknout nežádoucí vazba. Každopádně si nepomáháme při křížení vodičů tím, že dvě místa, která nejdou propojit na straně spojů, budeme propojovat drátem na straně součástek. Je to sice funkčně nezávadné, avšak z technického hlediska nedokonalé a při trošce přemýšlení se vždycky najde cesta, jak spojení uskutečnit v obrazech plošných spojů. U vřa „živých“ spojů, nejde-li to jinak, je však toto propojení vhodnější, než vést dlouhý spoj.

Pokud se na destičce vyskytnou spoje, přenášející větší napětí, zvětšíme izolační mezeru mezi těmito spoji a ostatními okolními plochami a snažíme se, aby spoje byly co nejkratší. Stejně tak dbáme, aby spoje přenášející signály nízké úrovně měly co nejmenší plochu, aby se omezila možnost indukování rušivých napětí a poruch. Platí to i u soustavy dělicích čar, kde by plocha, omezená dělicími čarami, měla být v těchto případech co nejmenší. Je dobře vyhnout se souběžnému vedení dvou nebo několika

rovnoběžných spojů, pokud jimi protéká střídavý proud (je to možné u napájecích přívodů stejnosměrného napětí). Je-li to nevyhnutelné, protáhneme mezi nimi alespoň jeden spoj, spojený se společným pólem zdroje.

Podle předběžného návrhu si pak nakreslíme přesnou předlohu na bílý kladívkový nebo čtverečkový papír. Při kreslení se snažíme, aby všechny spoje nebo dělicí čáry byly stejně široké, používáme pravítko, křivítko i kružítko a snažíme se o rovnoměrné pokrytí celé plochy desky spoji. Nápis píšeme buď šablonou nebo na výkres nalepíme vystřižená písmena. Větší opravy děláme bílou krycí tuží a pokud možno, nikdy neškrábeme. Všechny černé plochy musí být dokonale vykryté, aby nikde nepronikal bílý papír. U soustavy dělicích čar je výhodnější kreslit obrazec spojů negativně, tj. kreslit černé pouze dělicí čáry. U soustavy spojových čar kreslíme naopak obrazec spojů černé a místa bez fólie ponecháváme bílá.

Předlohu tedy můžeme kreslit buď negativně nebo pozitivně, podle toho, jaká bude použita metoda při výrobě vykryvací masky. Bezpodmínečně je však nutné si uvědomit, zda budeme předlohu kreslit ze strany spojů, což je téměř vždy, nebo ve speciálních případech ze strany součástek. Pro většinu případů se proto musíme dívat na skicu propojených součástek „zespodu“. Je to nutné proto, abychom správně situovali vývody tranzistorů a integrovaných obvodů. Jinak by se mohlo stát, že vývody těchto součástek budou zapojeny obráceně (např. vzájemně prohozené řady vývodů u IO), což nelze odstranit. Pokud se to stane a desku nechceme vyhodit, pak takové součástky musíme připájet ze strany spojů, čímž se dostáváme k plošné montáži. U ní naopak, použijeme-li příslušné součástky, musíme spoje kreslit tak, jako by tyto součástky na spojích ležely. Rozhodnutí, zda kreslit ze strany spojů či součástek, je tedy základem pro bezchybnou výrobu desky s plošnými spoji, zvláště u začínajících návrhářů. Chybná kresba předlohy se obvykle zjistí až při montáži součástek. Nemáme-li možnost přefotografování nebo na kopírovacím stroji (Minolta, Xerox aj.) vytvořit klišé ve správném poměru, kreslíme spoje již tak, aby mohla být kresba použita přímo jako předloha pro vytvoření vykryvací masky na měděnou fólii. Vykryvací maska zabráňuje odleptání mědi v místech, která mají být zachována a její vytvoření podle klišé se řídí způsobem výroby plošných spojů z měděné fólie.

Dále se v krátkosti seznámíme s nejběžnější průmyslovou produkcí desek s plošnými spoji a velmi podrobně s různými způsoby jejich amatérské výroby.

OFSET A SÍTOTISK

Pro velkosériovou výrobu nanášení vykryvací masky na měděnou fólii se používá některých způsobů známých z tiskárenské praxe. Jedním z nich je i ofset a sítotisk. U ofsetového tisku se nanáší vykryvací barva na měděnou fólii do míst, kde nemá být odleptána, pomocí upraveného ofsetového tiskového stroje. Zinková maska s odleptanou předlohou je upevněna na válci a při otáčení se do odleptaných míst vnáší krycí barva, která se dalším pootáčením válce přenesla na pohybující se desku s měděnou fólií. Na válec lze upevnit několikanásobný obraz odleptané předlohy, takže při jedné otočce válce se současně nanese vykryvací barva na větší počet desek s budoucími plošnými spoji.

Pro menší série a ne příliš jemnou kresbu spojů je vhodná sítotisková metoda nanášení krycí barvy na měděnou fólii. Jde vlastně o šablonu vytvořenou podle předlohy na jemné sílonové či drátěné síťce. Očka sítky, která nemají propustit vykryvací barvu se

zaplní nepropustnou látkou. Zbývajícími očky, která vytvářejí věrný obraz předlohy, se buď strojně nebo ručně tužkou protlačuje barva na podloženou měděnou fólii desky. Síťka v rámečku musí být dokonale napnutá a po celé ploše ležet na měděné fólii, aby byla vzniklá vykryvací maska dostatečně ostrá. Výplet sítky musí být jemný, aby se po jejím odstranění barva síla v jeden celek. U velmi jemných sítěk lze dosáhnout přesnosti tisku až k desetině milimetru.

Pro malé série a kusovou výrobu je velmi výhodná fotografická metoda. Protože patří k nejpoužívanějším, je jí, včetně přípravy desky na leptání, věnována samostatná kapitola.

RUČNÍ ZPŮSOBY PŘENOSU KRESBY

Potřebujeme-li pouze jednu, méně složitou desku s plošnými spoji, můžeme k její výrobě použít některý z níže uvedených návodů. Při pečlivé práci lze i těmito jednoduchými způsoby vytvořit uspokojivý obrazec spojů a to jak z funkčního, tak i z estetického hlediska.

Nemáme-li ani leptací lázeň a zapojení obvodu, které hodláme přenést na desku s plošnými spoji, není příliš složité, můžeme zvolit metodu rytí nebo frézování (gravírování) oddělovacích čar v měděné fólii.

Předlohu si nakreslíme v soustavě dělicích čar, při pohledu ze strany spojů, v poměru 1:1. Přes uhlový (kopírovací) papír přeneseme obrazec dělicích čar na fólii. Podle pravítka všechny čáry obtáhneme rýsovací jehlou (např. hrotem pravítka), aby se kresba při rytí nesesetěla. Dále potřebujeme ocelové pravítko a čtyřhranný nebo tříhranný, případně kulatý jehlový pilník. Ocelové pravítko přikládáme na narysované čáry a špičkou pilníku opatrně propilováváme (proškrábáváme) měděnou fólii. Výhodné je hrot pilníku odložit, aby vznikla asi jeden milimetr široká ploška, kterou pak fólii odkrýváme. Jde to poměrně snadno a rychle. U lomu a ohybů čar musíme dát pozor, abychom nepřetáhli, nebo abychom nezanedbali zbytky mědi, které by vytvářely spojovací můstky. Dokonalost odstranění mědi kontrolujeme pohledem „skrz“ destičku proti silnějšímu světlu.

Místo rytí můžeme čáry vyběrsit, máme-li malou brusku s ostrým brusným kotoučkem (gumovkou) nebo vhodným nástavcem zubolékařských kotoučků. Máme-li stojanovou vrtačku, lze čáry profrézovat (gravírovat). Použijeme buď opět vhodnou malou frézu ze sortimentu zubolékařských brusných nástrojů, případně postačí i zalomený vrták do průměru 1,5 mm, zbrúšený do plochy kolmé k jeho ose.

Celo frézovacího nástroje upevněného ve sklíčidle stojanové vrtačky nastavíme asi na 0,2 až 0,3 mm pod úroveň fólie destičky ležící na stole vrtačky. Rukou uvedeme destičku jen malou silou do řezu po vyznačených čarách na destičce. U přímek si můžeme pomáhat vedením destičky podél přiloženého úhelníku apod. V místech změny směru gravírování je nejlépe zastavit a vše natočit tak, aby frézování mohlo probíhat v dalším směru. Hotovou destičku přebrousíme jemným smrkem.

Proškrabávání či frézování drážek, neuvažujeme-li lepení spojovacích vodičů na izolační podložku, nevyžaduje žádné chemikálie. Není však vhodné pro složitější plošné spoje. U nich je možná jediná metoda, a to chemické odleptávání částí měděné fólie tak, aby se na desce vytvořily žádané plošné spoje. Spojový obrazec vzniklý odleptáním částí fólie lze udělat buď tak, že se odleptají úzké proužky mědi, čímž vzniknou dělicí čáry izolující vzájemně od sebe vodivé měděné plošky, nebo že se naopak ponechají úzké vodivé spoje a ostatní měď se odleptá.

U soustavy dělicích čar lze vytvořit buď pravoúhlé plošky, nebo livovolné, od ruky kreslené oddělovací čáry. K odleptání nežádoucí mědi slouží vykryvací maska spojového obrazce. Odleptávací proces sestává ze dvou částí, jsou to vytvoření vykryvací masky a vlastní leptací lázeň.

VYKRYVACÍ MASKA

Krycí masku pro chemické leptání lze vyrobit řadou způsobů. Ty se liší jednak použitou leptací lázní a jednak provedením. Jednou z nejjednodušších z hlediska pracnosti je vykryvací maska z izolopy. Je vhodná pro leptání v roztoku chloridu železitého. Postup práce je velmi jednoduchý a výrobu desky s plošnými spoji zvládne i úplný začátečník.

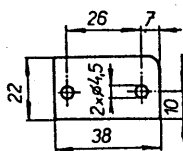
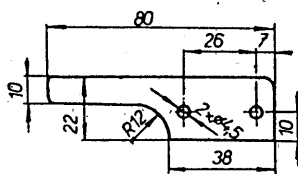
Pomocí kopírovacího (uhlového) papíru si překreslíme předlohu na fólii. Celou desku (fólii) přelepíme průhlednou izolopou. Jednotlivé pruhy pásky lepíme asi 1 mm přes sebe a dobře přitlačíme, aby pod ně nevnikla leptací lázeň. Pomocí pravítka a ostrého nože opatrně odřezáváme a sloupáváme úzké pásky izolopy podle dělicích čar nakreslených na fólii. Po odleptání mědi sloupneme izolopu ze zakrytých částí fólie.

Jiný způsob použití izolopy ať již průhledné nebo barevné (či samolepicích tapet a jiných samolepek) je v přenesení předlohy přímo na ni, když jsme ji předtím nebo až po nakreslení nalepili na fólii. Obrázek spojů nebo dělicích čar kreslíme na samolepku perem Centropen 1911 nebo popisovacím Centrofixem v barvě, která bude dobře viditelná na použitém samolepicím materiálu. Protože přenos předlohy je obtížnější (kopie přes uhlový papír je na samolepce nejasnější), lze si pomoci tak, že předlohu kreslíme buď přímo na samolepku, nebo papír, na kterém je nakreslená, na samolepku přilepíme. Podle kresby pak ostrým nožem vyřízneme oddělovací čáry a místa, která mají být na fólii odleptána. Tato metoda je dostatečně rychlá, přesná a při pečlivějším ořezání tvzhlédná. Při použití izolopy a jiných samolepicích materiálů se mějte na pozor při jejich nalepování na fólii. Nesmíme je ani soběm napínat, aby se po uštění a vyříznutí dělicích čar nezačaly pozvolna „srážet“ (stahovat), což by vedlo ke zkreslení obrazce plošných spojů.

Protože ořezání stejně širokých proužků je nesnadné, je vhodné vyrobit si pro tento účel dvojhranový nož z žiletky, děláme-li občas touto metodou desky s plošnými spoji.

Nožik na řezání mezer

Z překližky, hliníkového plechu, pertinaxu nebo jiné pevné hmoty si vyřízneme dvě boční drážky (obr. 10a) a několik distančních podložek (obr. 10b). V bočnicích i podložkách vyvrtáme souběžně díry pro šroubky



Obr. 10. a) Držadlo nožíku
b) Distanční podložka

M4. Ty vložíme do děr z jedné strany, nasuneme žiletku (raději tlustší), na ni distanční podložku a druhou žiletku. Sestavu ukončíme druhou bočnicí a utáhneme maticemi. Tloušťku distanční podložky volíme podle požadované šířky proužku, který chceme vyříznout. Vyříznuté proužky izolopy zachytíme jehou a odlepíme. Oříznuté okraje izolopy přitlačíme k fólii, aby se pod ně nedostala leptací lázeň. Je-li nůž správně seřízený a okraje žiletek nevycházejí více než 0,5 až 0,7 mm, bude řez ostrý a mezery mezi rozpojenými políčky všude stejně široké. Deska se spojí bude mít pěkný vzhled s ostré ohraničenými okraji mezer.

Obdobně jako izolopu lze ke krytí fólie použít i latexové barvy. Předlohu¹ – klišé nakreslenou na papíru přilepíme v několika bodech na fólii a v místech děr prorazíme důlkem dýlkou. Fólii omyjeme mýdlem a suchou vyleštíme sádrou nebo křídou. Po vyčištění se jí nedotýkáme. Fólii natřeme latexovou barvou a po zaschnutí na ni přeneseme přes kopírovací papír předlohu. Dále postupujeme stejně jako u izolopy.

Latexovou barvu můžeme použít i u soustav spojů. Jednotlivé dýlky spojujeme volně od ruky podle předlohy kresbou spojového obrazce. Spojy kreslíme nálevkovým – trubičkovým perem č. 8 nebo 10, které plníme latexovou barvou, mírně ředěnou vodou. Obrazec spojů na fólii však nepřeneseme kopírováním přes kopírovací papír, protože jeho stopy jsou mastné a latexová barva je nesnáší. V místech důlků uděláme kapky podle požadované velikosti pájecí plošky. Latexová barva zaschne zhruba za 10 až 15 minut. Po odleptání mědi smyjeme barvu v teplé vodě.

Parafinová (vosková) vykryvací maska

Je vhodná pro soustavu dělicích čar a pro kteroukoli leptací lázeň. Desku s fólií odřezáme zhruba o 5 mm větší na obě strany než je krycí maska. Omyjeme ji mýdlem a dokonale osušíme. Přes kopírovací papír na ni přeneseme předlohu a kresbu obáhneme tužkou, případně ostrým hrotem. Výhodné je kreslit rovnou dvě čáry vedle sebe ve vzdálenosti 0,5 až 1 mm (jak si zvolíme šířku mezer).

Ve vhodné plechové misce rozehejeme parafín a přimícháme do něj malé množství stropního oleje nebo glycerínu, aby se stal vláčným a nepraskal. Destičku ponoříme do parafínu asi na 2 minuty, aby se dokonale smočila, vytáhneme a necháme odkapat. Vznikne na ní průhledná celistvá vrstva se zvýrazněnou tužkovou kresbou pod ní. Parafín odryváme nejprve jedním směrem, pak druhým a čistíme štětečkem. Vyřtuté drážky musí být čisté, žádný parafín nesmí na fólii ulpívat, aby bylo její vyleptání dokonalé. K rytí použijeme ostrý hrot. Vhodný je nástroj z plexiskla tloušťky asi 0,7 až 1 mm, který zbrousíme do tvaru dláta. Tloušťka plexiskla určuje šířku drážky v parafínu. Po odleptání mědi smyjeme zbylý parafín benzinem, benzenem nebo nitroředidlem, případně mírným zahřátím destičky a pečlivým setřením hadříkem.

Obdobný způsob výroby krycí masky je popsán v AR2/82. Pro zajímavost a výhodnost použití je dále uveden: K výrobě parafinové směsi je potřeba 2 ml čerstvého černého krému na obuv (Luxus), 2 cm voskové pastelky světlezelené barvy (má schopnost čistit měď) a 2,8 ml parafínu nebo vánoční svíčky žluté barvy (3,6 cm).

Krém na obuv odměříme odměrkou, napříkladovou zátoku z vinidurové fólie, jejíž vnitřní objem je právě 2 ml; pomocí nože ji naplníme krémem až po okraj a zarovnáme. Odměřené množství krému nejprve zahřejeme (odpařujeme těkavější složky) v plechové misce o průměru asi 3 cm při regulované

teplotě. K tomu použijeme žehličku vybavenou termostatem, kterou nastavíme na teplotu mezi „hedvábí“ a „vlánu“. V misce, postavené na obrácené žehličce, odpařujeme krém za občasného míchání patnáct až dvacet minut. Krém se z počátku vaří (po obvodu misky drobné perli) a slabě vyvíjí světlý dým; v závěru odpařovací doby se tavenina uklidí a dým je téměř nezatelný. Místnost větráme a páry nevdechujeme. Po této době přidáme odměřené množství parafínu ze svíčky a po jeho roztavení odměřenou délku voskové pastelky (bez papírku). Když se pastelka rozpustí, promícháme směs kousek dřívka pečlivě ode dna a směs vylijeme na očištěné dno obráceného tlustostěnného hliníkového hrnce, vychlazeného studenou vodou, a to na několik míst v menších dávkách, které mají po zatuhnutí tloušťku asi 3 mm a samy se od podložky oddělí. Tímto postupem dosáhneme rovnoměrného složení.

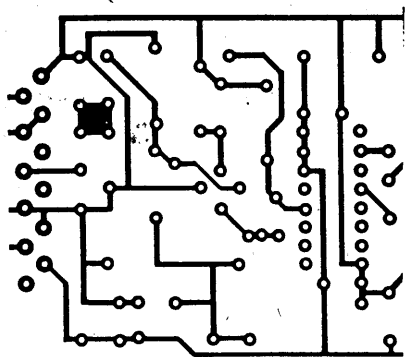
Hotová parafinová směs je za pokojové teploty poměrně tvrdá, pevná (při rozlomení zřetelně chrupne), matně černé barvy s nalezelenalým odstínem a nešpiní předměty ani ruce. Před znečištěním ji chráníme zabalením do polyetylenové fólie.

Desku, obrácenou fólií nahoru, ohřejeme opět na žehličce vybavené termostatem, nastaveným na teplotu o něco vyšší než pro žehlení silonu. Na ohřátou fólii nanese přiměřené množství parafinové směsi, kterou roztíráme vlasovými školním štětečkem po celé ploše desky. Ihned po rozetření stíráme přebytečný parafín přes okraj desky. Po ochlazení parafinová vrstva zmatní a můžeme zkontrolovat její celistvost. Je-li na desce vidět lesklé místo, musíme nanést vrstvu znovu. Po práci žehličku očistíme za horka papírem.

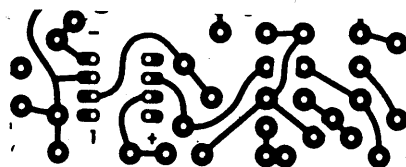
K rytí dělicích čar je nejvhodnější kousek bambusu zasazený do krajonu namísto tuhy a zahrocený na smírkovém papíře. Hrot bambusu do měděné fólie neryje (jako ocelový hrot), po povrchu fólie příliš neklouže (jako obyčejná tužka), ani se rychle neotupí a neotřepí (jako obyčejné dřívko). Při rytí dobře sleduje povrch měděné fólie a zanechává za sebou v parafinové vrstvě celistvou a čistou stopu.

Dělicí čáry ryjeme od ruky podle předlohy, kterou máme před sebou, při čemž se orientujeme podle označených vrtacích důlků. Sklon rydla vůči desce není kritický; nejlepší výsledky dosáhneme při kolmé poloze. Vyřtuté (nakreslené) dělicí čáry je v matné parafinové vrstvě nejlépe vidět, pracujeme-li při osvětlení zeepedu. Bambusový hrot přibrušujeme podle potřeby. Při této práci se nedoporučuje spěchat a při jakékoli nejistotě je lépe čáru přerušit a znovu porovnat vytvářený obrazec s předlohou. Chybu lze nejrychleji napravit nanesením celé nové parafinové vrstvy a novým nakreslením; menší chybu lze však také opravit po místním ohřátí (pistolovou páječkou) parafinové vrstvy, která se rozteče a znovu spojí. Po vychlazení pokračujeme v práci.

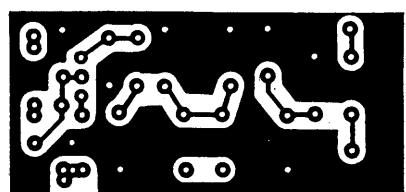
Pro soustavu dělicích čar je také vhodný nástřik nitrobarvy sprejem. Povrch fólie čistíme buď již zmíněnými způsoby, nebo jen jen „vymažeme gumou“ (tvrdou pryží) a hned fólii otřeme hadříkem namočeným v nitroředidle. Na desku již nesaháme. Položíme ji na staré noviny a fólii přestříkáme barvou ze spreje, nejlépe autoemailovou. Po mírném zaschnutí ještě jednou přestříkáme. Na zasklou, ale ne zatvrdlou barvu překopírujeme předlohu plošných spojů. Aby byl obrazec dobře viditelný, volíme pro nástřik světlou barvu. Předlohu lze překopírovat i přes kopírovací papír. Nástřik pak v místě oddělovacích čar odstraníme rytím nebo řezáním na proužky a jejich odtržením od fólie. Jde to obzvláště, pokud barva není dokonale zasklá. Zbytky odstraněné barvy setřeme



a) v provedení s menšími pájecími ploškami



b) s většími pájecími ploškami



c) se společným zemním pólem (plochou)

Obr. 11. Soustava spojových čar

a celou desku otřeme hadříkem namočeným v benzínu. Po odleptání mědi setřeme barvu nitroředidlem.

Soustava dělicích čar nemusí být přirozeně vždy pravouhlá, ale může vytvářet i nepravidelné obrazce („brambory“) kolem série otvorů a může mít i různé protáhlé, rozšířené či zúžené tvary (obr. 12). Tento typ předlohy má pak již blízko k soustavě spojových čar.

Pro kresbu krycí masky na fólii v soustavě spojových čar se často využívá různých krycích laků nanášených na fólii pomocí trubičkových (nálevkových) per č. 8 nebo 10. Předloha se přenesla na fólii, v desce se udělají důlky v místech děr pro přívody k součástkám a trubičkovým perem bez vnitřního drátku, naplněným řidším lakem, se kreslí spojovací čáry. Vhodný je ředěný nitrolak, může to však být i benzínem ředěný asfalt či v lihu rozpuštěná kalafuna. Místo trubičkového pera lze použít i vypsanou náplň do kulíčkových per s odštipnutou kulíčkou a zabroušenou vývodní trubičkou. Protože otvor trubičky je větší než u per, je i kresba širší a také stékavost laku větší. Proto musí být náplň hustší, aby vytékání z trubičky bylo nepatrné.

Po odleptání fólie lak omyjeme vhodným ředidlem. Díry pro vývody součástek vrtáme na podložce z tvrdého dřeva, aby se okraje netřepily.

KLIŠÉ FOTOCESTOU

Potřebujeme-li vyrobit několik kusů desek se stejnými plošnými spoji, nebo máme předlohu v jiném poměru než 1:1 (u některých návodů v časopisu), pak, vlastněme-li potřebné fotopříslušenství, můžeme použít tohoto způsobu výroby krycí masky. Umožňuje nám věrně přenést celou předlohu s vysokou kvalitou zobrazení.

Fotografický přenos spočívá v exponování světlocitlivé vrstvy nanesené na měděnou fólii desky přes kresbu předlohy. Expozice

může být buď kontaktní, je-li předloha v měřítku 1:1, nebo ofotografováním a osvětlením přes zvětšovací přístroj. Protože jde o zdoluhavější proceduru, používá se při kusové výrobě jen u složitějších zapojení, či značné hustotě jemných spojových čar. Předloha musí být kontrastní, nejlépe černobílá.

V současné době se vyrábějí velmi kvalitní světlocitlivé materiály, bohužel nejsou běžně k dostání. Existují však již v prodeji i polotovary – desky s nanesenou světlocitlivou vrstvou. Lze si je zakoupit u soukromých výrobců, jak se lze dočíst v inzertní části AR. Jsou stabilní, lze je dlouhodobě skladovat a lze s jejich pomocí vytvářet na fólii i velmi jemné a husté spojové obrazce. Pro kusovou výrobu takovýchto desek s plošnými spoji je to kromě počítačového (viz dále) zřejmě jediný možný způsob jak dosáhnout kvalitního výsledku své práce.

Pro méně náročné předlohy je možné, uvažujeme-li o využití tohoto způsobu výroby krycí masky, vyrobit si světlocitlivý materiál sami. Jde sice o emulzi méně jakostní než předchozí, ale zato je složená ze snadno dostupných komponentů. Sestává z lepidla organického, ve vodě rozpustné látky zcitlivělé na světlo chromovou soli. V místech, kde na tenkou vrstvu této emulze působí intenzivní osvětlení, dochází k jejímu vytvrzení a tím i zvýšení odolnosti proti rozpuštění ve studené vodě. Aby bylo vytvrzení světlem dokonalé, nesmí být vrstva emulze tlustá. Zatvrdlá místa pevněji drží na fólii, neosvětlená jsou snadno omyvatelná pod proudem studené vody. Aby bylo přilnutí emulze k mědi dokonalé, musí být fólie dokonale mechanicky i chemicky čistá. Toho lze dosáhnout přebroušením jemným smrkem nebo práškem na nádobí či vany, omytím vodou a přetřením hadříkem namočeným v čistém benzínu nebo nitroředidlem. Dokonalé očištění poznáme, polijeme-li fólii ve vodorovné poloze vodou. Ta musí vytvářet souvislý povlak bez suchých „ostrůvků“.

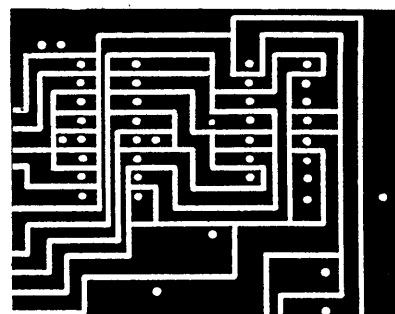
Použijeme-li k přenosu předlohy na vrstvu světlocitlivé emulze kontaktní způsob (předloha položená na emulzi) musí být tato nakreslená negativně, tj. číre (světlo propouštějící) plochy odpovídají plochám mědi (vytvrzená emulze), černá kresba reprezentuje to co má být odleptáno (omytá emulze). Předloha musí být kreslená na průhledném nebo alespoň dokonale průsvitném podkladu (nejlépe film nebo fólie pro kresbu používanou při projekci).

Předlohu položenou na emulzi překryjeme skleněnou deskou, aby se obrazec překopíroval ostře po celé ploše na emulzi. Smítka a kazy na předloze, emulzi či skleněné desce musí být odstraněna. Vlas, chloupky z látky nebo jiná nečistota mohou způsobit i téměř neviditelné přerušování spoje, které se pak velmi obtížně hledá. Během nanášení emulze si musíme dát také pozor, aby se nevytvořily bublinky a hlavně, aby byla vrstva rovnoměrná a tence rozetřená. Emulzi sušíme buď fénem po dobu 5 až 8 minut, případně ji necháme jednu až dvě hodiny proschnout v bezprašném tmavém prostředí (pod krabicí). Pozor, příprava emulze, nanášení i sušení musí probíhat jen ve spoře osvětlené místnosti, aby nedocházelo již v této přípravné etapě k pozvolnému vytvrzovacímu procesu. Desku s emulzí neskladujeme déle než přes noc, neboť citlivost vrstvy se s probíhajícím časem rychle zhoršuje.

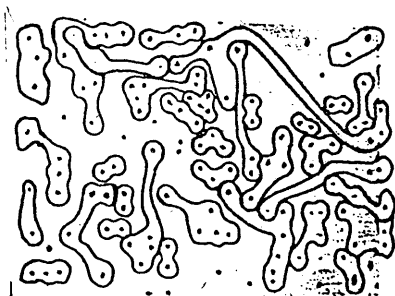
Světlocitlivou emulzi získáme smícháním dvou roztoků. Prvním, lepivým, je rozšlehaný vaječný bílek, druhým, zcitlivujícím roztokem je ve vodě rozpuštěný dvojchroman amonný nebo draselný, které lze zakoupit ve specializovaných prodejnách s fotopotřebami či některých drogeriích. Na jeden rozšlehaný bílek připadá 20 gramů dvojchromanu rozpuštěného v decilitru destilované nebo

převařeně a vychladlé vody. Po dokonalém promíchání obou roztoků emulzi nejprve odzkoušíme. Větší káčku rozetřeme na tvrdší podložce, část ji přikryjeme a zbytek osvětlíme na přímém slunci nebo pod výbojkou (viz dále) po dobu asi 25 až 30 minut. Osvětlená část by pak měla být podstatně tvrdší než neosvětlená. Desku vložíme pod tekoucí studenou vodu a jemně přetřeme houbou. Pokud se smyji snadno obě vrstvy, je nutno zvýšit koncentraci přidáním dvojchromanové soli, pokud se smýt nedají, snížíme dobu osvětlení, případně emulzi mírně zředíme vodou. Se zaschlou emulzí rovnoměrně nanášenou na fólii již postupujeme stejně jako při práci ve fotokomoře, buď kontaktně, což je nejvýhodnější, nebo přes zvětšovací přístroj, ve kterém však musíme mít žárovku s velmi vysokou intenzitou světla a i tak trvá expozice mnoho desítek minut než je emulze vytvrzená.

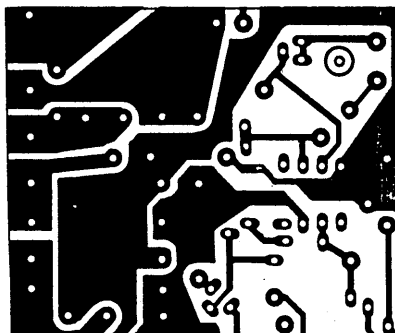
Ke kontaktní expozici používáme zdroje intenzivního světla s obsahem ultrafialových paprsků. Nejvhodnější jsou slunce a výbojky používané v horských sluničkách nebo v pouličním osvětlení ap. Vyhovují i žárovky používané ve fotografické praxi nebo oblokové lampy. Pro amatérskou potřebu je nejvhodnější malé horské sluničko. Dobu expozice a vzdálenost světelného zdroje od desky musíme vyzkoušet experimentálně. Vzdálenost se pohybuje mezi 30 až 80 cm, doba expozice mezi 10 až 25 minutami. Doporučuje se vhodně zastínit pracoviště, protože silné světelné paprsky škodí lidskému zraku.



a) pravouhlých (fólie černá)



b) nepravidelných (fólie bílá)



c) kombinovaná se soustavou spojových čar

Obr. 12. Soustava dělicích čar

Při použití fotografických infražárovek musíme dbát, aby nedocházelo k nadměrnému ohřívání klišé a základní desky se světlocitlivou emulzí. Emulze potom praská, odlupuje se a vytváří nežádoucí kazy. Ani při použití výbojkového osvětlení není ohřátí zanedbatelné, i když je podstatně menší než u „teplého“ světla žárovek. Volíme proto raději delší dobu osvětlení z větší vzdálenosti.

Po exponování omyjeme nevytvrzenou část emulze pod studenou tekoucí vodou. Můžeme jemně „pomáhat“ molitanovou houbou nebo stěrkou, ne prsty, abychom nesetřeli i vytvrzenou emulzi. Po omytí necháme desku oschnout, aby se vytvrzená emulze opět zpevnila. Desku leptáme v roztoku chloridu železitého a po odleptání smyjeme vytvrzenou emulzi v teplé vodě za pomoci tvrdšího kartáče.

KLIŠÉ Z POČITAČE

V současné době se již nejen v průmyslové výrobě, ale i v amatérské praxi stále častěji objevují návrhy předloh sestavené počítačem podle zadanych parametrů elektronického obvodu a jejich přenesení pomocí plotteru (elektronický kreslicí přístroj) s vhodným unašečem krycí barvy na měděnou fólii.

Tak např. amatéry používaný systém „F. Mravenec“ umožňuje na počítačích kompatibilních s IBM-PC navrhovat i dvoustranné (oboustranné) plošné spoje. Základem tohoto systému je rozsáhlý program Layout, který obsahuje specializovaný grafický editor umožňující nejen tvorbu, ale i různé obměny obrazce plošných spojů nebo jeho výřezu pomocí instrukcí o požadavcích na rozteče, vzdálenosti, šířky spojů a další, včetně typů pájecích bodů, hustoty čar, či použití jiné součástky. Po konečném strojovém porovnání se schématem a vizuální kontrolou na obrazovce monitoru počítače se předloha přenesení plotterem přímo jako vykřivací maska na měděnou fólii. Ke kresbě masky tímto způsobem se již téměř výhradně používá fixů, z nichž některé západní, na bázi xylenu, dovolují kreslit vykřivací čáry o šířce jen 0,1 mm bez nebezpečí vzájemného spojení či následného podleptání. Hustota čar takového obrazce spojů je pak již velmi vysoká.

Poznámka: výrobu těchto fixů údajně připravuje i náš výrobce. Dosavadní fixy na bázi lihového rozpouštědla, např. Centrofix, kryjí nedostatečně a leptací lázeň čáry podleptává a narušuje, což má za následek nekvalitní spoje i plochy fólie. Kresbu je nutno dva až třikrát překreslit, aby byly čáry celistvé. To ovšem způsobuje jejich rozšíření. Proto lze i jen na ruční kresbu vykřivací masky doporučit fixy, které dobře kryjí. Měděnou fólii pro kresbu vykřivací masky fixem nutno dokonale chemicky očistit. Leptáme ji v chloridu železitém.

Leptání

Máme-li vykřivací masku na fólii hotovou, přichází další, velmi důležitá fáze výroby desky s plošnými spoji a to odleptání nevykryté mědi. Po jejím odleptání a odstranění vykřivací masky máme již z měděné fólie vytvořený hotový obrazec plošných spojů.

K leptání se používá roztoků, které měď rozpouštějí, ale nepůsobí přitom na materiál vykřivací masky. Vlastní leptání navíc musí probíhat přiměřenou rychlostí a musí být průběžně sledováno, aby nedocházelo k podleptání mědi pod vykřivací maskou.

Pro odstranění mědi je nejvýhodnější její chemické odleptání ve vhodném roztoku. Aby se postup urychlil, používá se ohřátá lázeň a pohyb desky v lázni, nebo naopak postřík fólie roztokem. Nejrozšířenějším používaným leptacím roztokem je ve vodě rozpustný chlorid železitý, někdy i s malým

přídavkem kyseliny chlorovodíkové (solné) či dusičné (2 až 5 %). Přídavek kyseliny urychluje leptání hlavně v první fázi a pomáhá odleptat i znečištěná místa.

Působením chloridu železitého na měď se redukuje kyslík železitý na železnatý, při čemž vzniká chlorid měďnatý. Postupným vyčerpáním lázně klesá koncentrace chloridu železitého a roste obsah mědi. Klesá při tom i rychlost leptání. Lázeň s obsahem mědi 50 g/l se považuje za vyčerpanou.

Ohřátí leptací lázně z běžné teploty 20 °C na 80 °C urychlí leptací pochod přibližně čtyřikrát. Význačný vliv na rychlost leptání má také koncentrace roztoku chloridu železitého.

Rychlost leptání je důležitá nejen z hlediska efektivity, ale i z ryze praktických důvodů. Při pomalém leptání dochází totiž k podleptání. Leptání měděné fólie probíhá nejen ve směru kolmém na destičku, ale i ve směru s ní rovnoběžném. Dochází tím k podleptání a tedy zužování vlastních spojů. Naopak při velmi účinném a agresivním roztoku dochází někdy k vytvoření sít, tj. některá méně zakrytá místa nebo malé kazy (zvláště při fotochemickém způsobu) neodolají agresivnosti leptadla a v těchto místech se potom fólie rovněž odleptá; na hotové destičce jsou potom při pohledu proti světlu patrné malé tečky.

Protože ne vždy je chlorid železitý k sehnání, lze si jej vyrobit i doma z běžně dostupných látek. Je to kyselina chlorovodíková (HCl), kterou lze zakoupit téměř v každé drogerii a železný rez, nebo alespoň menší hřebíky. Rez musí být čistý. Bez příměsí a nečistot. Je nutná rez červenohnědá. Černé části kyslíkem železitého nejsou vhodné. Na 1 litr kyseliny je potřeba 300 gramů rzi. Rozdrcenou rez nasympeme do skleněné lahve a přes odlivku z PVC naléváme kyselinu. Reakce je okamžitá při mírném zahřátí. Roztok necháme několik dní stát při občasné protřepání lahvi. Pak odfiltrujeme černý kal a zbytky rzi. Zůstane čistý, asi 35% roztok chloridu železitého.

Nemáme-li rez, pomohou staré, poničené (či nové) hřebíky. Nejprve hřebíky zbavíme mastnoty a jiných nečistot v roztoku vody se sodou nebo saponátem a pak je dobře opláchneme teplou vodou. Hřebíky vsypeme do jedenapůllitrové skleněné kádinky z varného skla a zalijeme je 0,7 l zakoupenou kyselinou solnou. Kádinku přiklopíme skleněnou deskou a necháme asi hodinu stát. Pak ji postavíme na vařič, ne na přímý plamen, ale přes železnou nebo hustou drátěnou plotýnku a roztok mírně zahříváme dokud se všechny hřebíky nerozpustí. Čím jsou hřebíky menší, tím dříve jsou rozpouštěné. Pokud máme obavy z prasknutí kádinky, nebo nemáme lahev z varného skla, nemusíme nutně roztok zahřívát, rozpouštění však trvá mnohem déle a je nutné lahvi (kádinku) občas zatřepat. Jakmile jsou hřebíky rozpouštěné, a roztok vychladlý, vzniklou železnatou sůl zoxidujeme půl litrem 10% roztoku peroxidu vodíku, který pozvolna vléváme do lahve s rozpouštěnými hřebíky. Důkazem oxidace je změna téměř zeleného zabarvení původního obsahu lahve na hnědočervené. Reakce je velmi prudká, proto pozor na oči, pokožku i šaty. Případné kapky roztoku raději okamžitě omyjeme vodou a mýdlem. Peroxid přiléváme velmi opatrně za stálého míchání.

Upozornění: před prací s kyselinou solnou si přečtěte poučení na etiketě lahve. U lahve uzavřené plastickou uzávěrkou může vzniknout tlak par, které při vytahování uzávěru mohou vystřelit i s kapičkami kyseliny. S kyselinou nepracujeme v dílně či místnosti, kde jsou kovové předměty. Výpary se srážejí, předměty oxidují a rezivějí. Nejlépe je pracovat na volném prostranství a mít v blízkosti dostatek vody.

Kromě chloridu železitého lze měděnou fólii odleptat i jen roztokem kyseliny solné a peroxidu vodíku. Rychlost leptání i v tomto případě závisí na koncentraci složek směsi, na její teplotě a intenzitě promíchávání. Pro leptání musí být roztok dostatečně množství, aby se peroxid ve směsi v průběhu leptání nevyčerpal a nezastavil se tak leptací proces. Leptací roztok lze připravit buď z tekutého peroxidu vodíku, nebo jeho tabletové varianty. Tablety peroxidu jsou k dostání v drogeriích nebo i lékárnách. Jsou výhodnější, protože tekutý peroxid časem ztrácí svoji koncentraci.

Leptací roztok si lze připravit pro rychlejší, střední či pomalejší leptací proces. Čím je roztok peroxidu vodíku koncentrovanější, tím je proces leptání rychlejší, to znamená, při použití tablet – s počtem tablet rozpouštěných v kyselině vzrůstá rychlost leptání. Mírněji pracující roztok je výhodnější k leptání tenkých vodivých spojů či jejich husté sítě; u soustavy dělicích čar může být leptací proces rychlejší. Pomaleji pracující lázeň připravíme z 1 dílu kyseliny solné (30 až 35%) pozvolna vléváme do 2 dílů 10% tekutého peroxidu vodíku (ne naopak, neboť by docházelo ke značnému rozprskávání) nebo 1 dílu kyseliny pozvolna vléváme do stejného množství vody s právě rozpouštěnými třemi až pěti tabletami peroxidu. Jedno balení (20 tablet) vystačí asi na 15 dm² jednostranného cuprexitu. Tablety také můžeme vložit až do misky, ve které je již položená deska politá zředěnou kyselinou solnou. Pokládáme je vedle desky. Při rozměrnější desce, nebo když se leptací proces značně zpomaluje, přidáme tabletu. Peroxid však dáváme raději méně, aby vyvíjející se teplo nenarušilo vykřivací masku. Leptáme ve větrané místnosti nebo na volném prostranství, aby vyvíjející se plyny mohly volně unikat do prostoru.

V průběhu leptání lze desku z roztoku opatrně vyjmout (pinzetou z organické hmoty), opláchnout ve studené vodě a zkontrolovat proti světlu. Leptací směs mírně podleptává okraje krycí vrstvy, což dělicí čáry s výhodou přiměřeně rozšíří. Dobu leptání můžeme prodloužit až na dvojnásobek doby, za kterou se odleptala fólie; spojové čáry a také okraje označených vrtacích dílků se přitom postupně dále leptají do větší šířky.

Po leptání desku vyjme pinzetou a opláchneme ve studené vodě. Protože leptací směs má omezenou skladovatelnost (časem se rozkládá, vyvíjejí se plyny a ztrácí účinnost), použitou leptací směs likvidujeme rozředěním větším množstvím vody a vylitím.

Z desky odstraníme vykřivací masku a vzniklý měděný obrazec spojů přeleštíme ocelovým kartáčem nebo jemným smrkem. Pokud s deskou hned dále nepracujeme, je vhodné přetřít spoje pájecím lakem. Hodi se k tomu kalafuna rozpouštěná buď v lihu, nitroředidle, či trichloretylenu a podle vlastního vkusu obarvená malým množstvím náplně z popisovače Centrofix. Deska ze strany plošných spojů si tak zachová pěkný vzhled, fólie je dlouhodobě konzervována a i po delší době se dobře pájí.

Použitá literatura

Benedikt, V., Sedmidubský, J., Soutor, Z.: Plošné spoje a obvody, SNTL: Praha 1962. Radiový konstruktér. 6/1969 – Plošné spoje.

Klabal, J.: Stavíme jednoduché přijímače VKV: Naše vojsko: Praha 1988.

Novotný, J.: Povrchová montáž součástek. VÚST: Praha 1988.

Amatérské radio – ročník/strana: 1963/261; 1964/164, 1967/178, 1968/453, 1971/246, 447, 1972/228, 1976/49, 1982/55, 105, 1983/89, 129, 1985/170, 1987/328.



KOMERČNÍ BANKA

Začátky elektrochemie

Ing. Jaroslav Ryšavý, CSc.

Fyzikální pokusy, které konal americký fyzik B. Franklin v polovině 18. století, ovlivnily i směr bádání **Luigiho Galvaniho (1737–1798)**. Tento Ital byl především výborným lékařem a studoval vliv elektrických výbojů na živé a mrtvé organismy. Jestliže je znám především z oblasti práce s elektřinou, pak je to jen potvrzením vzájemné podmíněnosti rozvoje různých vědních oborů. Od roku 1773 prováděl anatomické pokusy na žábách. Mechanicky dráždil jejich nervy ovlivňující pohyb svalstva. V roce 1780 při práci s elektroskopem si všiml, že vždy při přeskočení jiskry sebou žabí stehýnka trhla. Stejný efekt způsobily



Luigi Galvani (1737–1798)

i blesky. Když spojil bederní nervy žáby s dlouhým, ve výšce zavěšeným drátem a k nožičkám žáby připojil druhý uzemněný vodič, pak při každém blesku zpozoroval silnou kontrakci (stažení, smrštění) žabích stehýnek. Později zjistil, že ke stejnému efektu nepotřebuje ani elektroskop ani atmosférickou elektřinu. Stačilo, když kovovým obloukem spojil svaly a nervy vypreparované žáby. Pohyby svalů byly nejsilnější, když byl kovový oblouk sestaven z železa a stříbra. V analogii se zdroji „třetí elektřiny“ (elektroskop) považoval Galvani svůj objev jako zdroj „živočišné elektřiny“. Svoji práci publikoval právě před 200 lety v roce 1791.

Galvaniho experimenty se staly brzy známými ve vědeckém světě. V roce 1790 se s nimi seznámil i jeho krajan **Alessandro Guiseppe Volta (1745–1827)**. Ten si nejdříve Galvaniho pokusy zopakoval, ale jeho teorii o živočišné elektřině nepřijal. Naopak vytvořil fyzikální „kontaktní teorii“, podle níž zdrojem elektřiny může být spojení dvou různých vhodných kovů. Žabí stehýnka v Galvaniho pokusech tedy sehrála roli pouze jako citlivý elektrometr.

Volta rozpracoval svoji kontaktní teorii a seřadil kovy podle vznikajícího kontaktního napětí. Při svých experimentech objevil příznivý vliv různých

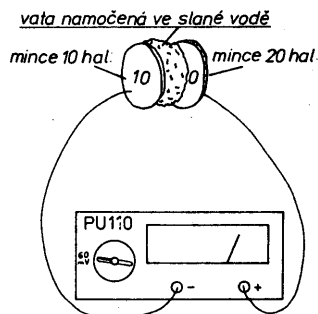


Alessandro Volta (1745–1827)

roztoků – elektrolytů. V roce 1799 pak sestavil tzv. Voltův sloup, skládající se z řady měděných a zinkových kotoučů, mezi kterými byly umístěny plstěné destičky namočené ve slané vodě. Sloup pracoval jako zdroj elektrického napětí, jehož velikost závisela na počtu použitých destiček. Stal se předchůdcem dnešních monočlánků, baterií a akumulátorů.

Jednoduchým pokusem si můžeme jev kontaktního napětí demonstrovat i doma. Stačí nám k němu desetihaléř, dvacetihaléř, kousek vaty, hodně slaná voda a vhodné měřidlo, např. PU110. Když mezi desetník a dvacetník vložíme kousek vaty nebo útržek novinového papíru namočený ve slané vodě tak, aby se mince vzájemně nedotýkaly, naměříme na nich napětí kolem 0,7 V (obr. 1).

V praktickém životě se tento jev kontaktního napětí často negativně projevuje korozními účinky styku dvou různých kovů právě v důsledku



Obr. 1. Jednoduchý elektrochemický článek

vzniku elektrochemického článku (např. hliník – nerezová ocel – vodní prostředí). Proto konstruktéři musí brát tento jev na vědomí.

O svých pokusech referoval Alessandro G. Volta v roce 1801 na slavnostním zasedání Francouzské akademie, kterého se zúčastnil dokonce i první konzul Francie Napoleon Bonaparte. A. Volta se stal slavným mužem. Na jeho počest byly raženy zlaté medaile a samotný Volta byl Bonapartem jmenován hrabětem. Je nutno dodat, že i když Volta vyvrátil Galvaniho teorii živočišné elektřiny, panoval mezi nimi velice korektní vědecký vztah. Byli spolu v písemném styku a navzájem se informovali o svých pokusech a výsledcích.

V současné době můžeme číst pochybnosti o Voltově prvenství při objevu elektrochemického článku. Např. z roku 1930 pochází nálezy německého inženýra Wilhema Königa ze sklepení bagdádského muzea. Nalezl nádobku se železnými součástkami, měděným válcem a asfaltovými izolačními destičkami. Stačilo prý nalít elektrolyt a nádobka mohla sloužit jako akumulátor. Podobné nálezy publikovali i známý Dániken a Semidžov. Těžko se k těmto nálezům, údajně starým mnoho tisíc let, vyjádřit. Zvláště, když i náš jednoduchý demonstrační pokus ukazuje, že zdrojem elektrického proudu může být ve své podstatě jakékoliv spojení dvou kovů ve vhodném prostředí.

Vedle zdrojů elektrických nábojů byl tedy na světě i zdroj trvalého elektrického proudu. Voltův galvanický článek poskytoval nově podněty pro zkoumání vlastností elektrického proudu a jeho chování v chemických, magnetických a tepelných aplikacích. Historická půda pro nové experimentátory a teoretiky byla připravena. Dveře pro vstup na scénu pro Ampéra, Oerstedta, Faradaye a další velikány, šle otevřely.

Počátky zkoumání chemických a dynamických účinků elektrického proudu

Rokem 1800 se mohla vydat nauka o elektřině a magnetismu kvalitativně novým směrem. Voltův objev galvanického článku jako zdroje trvalého elektrického proudu umožnil opustit úzké hranice elektrostatiky a magnetostatiky. Mohlo začít bádání účinků elektrického proudu i jeho samotných vlastností. Rokem 1800 začíná historické období elektrodynamiky jako vědy zkoumající dynamické účinky elektrického proudu a vrcholil rokem 1864 formulováním ucelené elektromagnetické teorie.

První elektrochemické pokusy

Voltův článek ve zjednodušené podobě byl tvořen vhodným roztokem (elektrolytem) se dvěma ponořenými elektrodami. Při vhodném výběru komponent (složek kovů elektrod a elektrolytu) se na elektrodách objevilo elektrické napětí. Vznikl tak zdroj, umožňující provádět pokusy s elektrickým proudem. Ale pozor na pojmy? Jsme teprve na počátku 19. století! Základní názvosloví a pojmy, na kterých stojí dnešní elektrotechnika, se teprve tvoří! Prováděné pokusy teprve přinášely otázky, co je příčinou elektrického napětí, co to je elektrický proud, jakou má fyzikální podstatu, jak ho měřit a mnoho dalších. Uvědomme si, že v roce 1800 byl znám pojem elektrický náboj a i vybíjení kondenzátorů bylo považováno jen za jakýsi projev „elektrického konfliktu“.

Jestě jednou se vraťme ke zjednodušené podobě Voltova článku, nádoby s vhodnou lázní a se dvěma ponořenými elektrodami. Nedal by se udělat opačný experiment a zkoumat, co se stane, když do lázně ponoříme dvě elektrody a přiložíme na ně dostatečné napětí? Myšlenka jednoduchá, ale jen pro toho, kdo je na ni připraven! Stalo se tak v roce 1800 v Anglii. Takovýto pokus provedli **Anthony Carlisle (1768–1840)** a **William Nicholson (1753–1815)**. Použitím platinových elektrod se jim podařilo rozložit vodu na kyslík a vodík. Pokus si můžeme ověřit i sami. Kontaktní plíšky ploché baterie vložíme do mírně osolené vody a na obou těchto elektrodách se objeví bublinky plynu. Tímto svým objevem působení elektrického proudu na roztoky dali impuls pro další práce, v nichž vynikl především Angličan Humphry Davy.

Angličan Humphry Davy (1778–1829) byl vynikající chemik-experimentátor a také vynikající přednášec. Vždy elegantně oblečen dokázal na



Sir Humphry Davy (1778–1829)

svých přednáškách upoutat pozornost svých posluchačů. Na jeho jednu přednášku v roce 1812 se dostal i **M. Faraday**, který se stal brzy Davyho asistentem. Laboratoř Davyho v londýnské Royal Institution byla na svoji dobu bohatě vybavená. Byly zde instalovány největší baterie (až 2000 Voltových článků), které umožňovaly ty nejnáročnější experimenty.

Na podzim roku 1807 zahájil Davy rozsáhlou sérii pokusů s chemickými účinky elektřiny. Elektrickým proudem začal rozkládat roztoky alkálií, o nichž předpokládal, že musí obsahovat kyslíčnky kovů. Elektrolyzou roztaveného hydroxidu draselného (drasla KOH) získal nový, tehdy neznámý chemický prvek, který nazval „potassium“, českým názvem draslík. Později stejným způsobem elektrolyzou hydroxidu sodného získal



Michael Faraday (1791–1867)

prvek, který nazval „sodium“, českým názvem sodík. Elektrolyza umožňovala Davymu objevovat nové prvky takřka jako na běžícím pásu. V dalších letech objevil baryum, stroncium, chlór a další.

Oblíbený popularizátor vědy H. Davy se stal vědeckou legendou. V roce 1808 získal ve Francii cenu 3000 franků, kterou vypsál Napoleon Bonaparte pro největší objevy. S přicházejícím stářím už jeho vědecká potence přeci jenom poklesla, dokonce začal žárlit na vědecké objevy svého někdejšího žáka M. Faradaye. Ale tak už to někdy bývá.

Podobnými pokusy se zabývaly i další laboratoře ve světě. V Rusku na petrohradské Akademii věd objevil další vynikající fyzik **Boris Semjonovič Jakobi** galvanoplastiku. Při svých pokusech v roce 1832 s průchodem elektrického proudu roztoky kovových solí zjistil, že se na jedné elektrodě ponořené do roztoku usazuje kov, vytvářející slabou, snadno oddělitelnou vrstvu. Navíc usazující se kov zcela přesně kopíroval všechny nerovnosti povrchu elektrody. Jako zajímavost, která však prokazatelně ukázala na význam jeho objevu, jednou umístil na místo elektrody destičku, na které bylo vyryto jeho jméno. Protože pracoval s roztokem obsahujícím měď, pokryla se destička s jeho jménem měděnou vrstvou s dokonalým kopírováním. Galvanoplastickou kopii zaslal Jakobi Akademii věd, která jeho práci po zasluzě v roce 1839 ocenila.

Obdobné práce pokračovaly dál a vyústily ve vznik samostatného vědního oboru – elektrochemie. Tyto práce stavěly před vědce obvykle více otázek, než se jich podařilo pokusem vysvětlit (to je pro rozvoj vědy vždycky podněcující). Řada vědců včetně Davyho se snažila pochopit a formulovat i teoretické základy pozorovaných

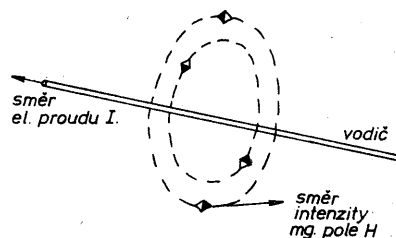
jevů, ale na základní otázky elektrolyzy dokázal správně odpovědět až legendární M. Faraday.

Je docela možné, že při pokusech s elektrolyzou H. Davy neopatrností na okamžik spojil uhlíkové elektrody před jejich ponořením do elektrolytu. Když se průchodem elektrického proudu rozžhavyly, rychle je zase od sebe oddělil. Výsledkem bylo náhlé vytvoření elektrického oblouku (známe ho například z elektrického svařování). Možná to bylo i jinak, ale podstatné je, že v roce 1811 Humphry Davy uskutečnil a popsal vznik elektrického oblouku.

Těžko si mohl asi H. Davy v té chvíli představit, co všechno svým objevem oblouku odstartoval. Vždyť elektrický oblouk svítí, hřeje a sám klade základní otázku, co to je. Co je jeho fyzikální podstatou? Vždyť do té doby bylo známo, že elektrický proud je možno vést kovovými vodiči, velice pravděpodobně i kapalinami, ale vzduchem? Tím spíše bylo nutno odpovědět na otázku, co je to elektrický proud. Opět více otázek, než odpovědí. Na práce Davyho navázal v roce 1838 i M. Faraday, který začal provádět pokusy s výboji ve zředěných plynech. Dnes víme, že tyto práce vyústily v objev katodových paprsků a jejich zkoumání zase v řadu dalších objevů.

Oersterdovy pokusy

V roce 1820 se rozšířila z Dánska mezi evropské vědce zpráva o objevu, který v následujících letech zaměstnal prakticky všechna významná vědecká pracoviště. Dán Hans Christian Oersted publikoval svůj objev o vlivu elektrického proudu na magnetickou stříčku.



Oerstedův pokus

H. Ch. Oersted (1777–1851) ve svém dětství nemohl získat ucelené základní vzdělání. Vzhledem ke skromným poměrům rodičů nemohl školu navštěvovat tak pravidelně, jako jeho vrstevníci. Přesto svou píli a zájemem o vědomosti se dokázal dostat až na kodaňskou univerzitu, kde vystudoval přírodní vědy, filozofii a medicínu. Ve svých dvaceti devíti letech začal přednášet fyziku a chemii. Oersted byl vynikajícím experimentátorem, který obsah svých přednášek doplňoval i demonstracemi nejnovějších pokusů. Pověst o průběhu pokusu, který Oersteda proslavil, je velice zajímavá, protože v ní sehrála hlavní roli náhoda. Avšak pamatujme, že náhoda vždy přeje jen tomu, kdo je na ni připraven.

Na laboratorním stole předváděl Oersted posluchačům pokusy o tepelných účincích elektrického proudu. Z galvanického článku procházel proud tenkým platinovým drátkem, který se rozžhavl. Pokusy opakoval s drátky z různých materiálů a při tom si všiml, že vždy po uzavření elektrického obvodu se začala hýbat magnetka umístěná v blízkosti drátku. Pointa pověsti je v tom, že ta magnetka byla na stole náhodou. Zapomenutou rekvizitou z předchozích pokusů. Nejdříve si Oersted myslel, že pohyb magnetky je způsoben tepelnými účinky rozžhaveného drátku. Brzy však zjistil, že magnetkou skutečně hýbe elektrický proud.

Tento jev Oersteda natolik zaujal, že ho podrobně prostudoval. V různých vzájemných polohách vodiče a stříčky měřil úhel jejího natočení. Zjistil, že objevená síla směřuje okolo vodiče po kružnicích a jejich středy jsou v ose vodiče. Svůj objev publikoval v roce 1820 ve spise „Pokusy týkající se působení elektrického konfliktu na magnetku“.



M. Faraday ve své laboratoři v Královském ústavu v Londýně

Správná funkce elektronického přístroje závisí velkou měrou na kvalitě napájecího zdroje. Začínáme-li s elektronikou, jsou pro naše, většinou jednoduché, přístroje nejvhodnější baterie. Ze zkušenosti však vím, že nevhodně použitý typ článku je nezhodnou příčinou nespokojivé funkce přístroje a tím i zklamání jeho tvůrce. Protože ne každému jsou běžné známy rozdíly mezi jednotlivými typy napájecích článků, shrnuji v první části nejdůležitější pojmy a údaje potřebné pro jejich úspěšné používání.

Napájecí zdroje

Ing. Václav Bek

Jak již název napovídá, elektrochemické zdroje mění energii chemickou na energii elektrickou. Tyto zdroje lze podle konstrukce rozdělit do dvou skupin.

První skupinu představují tzv. **primární napájecí články**, které jsou nejčastěji používány pro napájení přenosných elektronických přístrojů (přijímačů, magnetofonů, digitálních hodin apod.) a kapesních svítilen. Jednotlivé články nejsou konstruovány pro dobíjení. Jednou vyčerpaný článek je nutno vyřadit a nahradit novým.

Druhou skupinu tvoří tzv. **sekundární články** – mezi techniky se pro ně používá název **akumulátory**. To proto, že při nabíjení jsou schopny v sobě nashromáždit (akumulovat) energii, kterou zpětně vydají při vybití.

U každého zdroje nás vždy zajímá jeho jmenovité napětí a největší odběr proudu, kterým může být zatížen. U elektrochemických zdrojů však potřebujeme znát i dobu, po kterou jsou schopny do obvodu dodávat proud určité velikosti. Tuto vlastnost vyjadřuje fyzikální veličina, nazvaná **kapacita zdroje**. Jednotkou je **ampérhodina** – značí se Ah. Vybití nikladmiového akumulátoru s kapacitou 450 mA/h bude při vybitím proudu 45 mA trvat 10 hodin. Slovo kapacita svádí ke srovnávání s kapacitou kondenzátoru. Určitá podobnost tu skutečně je. Kapacita zdroje je tu vyjádřena přímo množstvím elektrického náboje, „nashromážděného“ ve zdroji.

U každého zdroje nás dále zajímá jeho **vnitřní odpor** (značí se R_i). Čím je menší, tím je zdroj kvalitnější – říkáme, že je „tvrdší“, neboť napětí zdroje se méně mění při změně odebraného proudu. Při uvažování jeho vlivu si představujeme, že je zapojen do série se zdrojem. Tato představa nám umožní pomocí Ohmova zákona vypočítat pokles napětí zdroje při jeho zatížení. Například u zdroje s vnitřním odporem $R_i = 0,5 \Omega$ klesne napětí při zatížení proudem 1 A o 0,5 V. Vnitřní odpor elektrochemických zdrojů závisí též na jejich stavu. Vybitím se zvětšuje. Výjimku představuje stříbrozinkový akumulátor, u něhož je tomu naopak. Pokles napětí částečně vybitých primárních článků či akumulátorů není způsoben pouze vzrůstem vnitřního odporu. Při vybití dochází uvnitř některých typů článků k takovým chemickým změnám, které způsobí zmenšení napětí i nezatíženého článku.

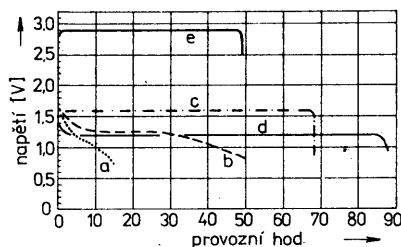
Chování primárních i sekundárních článků při vybití nejlépe popisují takzvané **vybíjecí křivky** (obr. 1). Aby měl graf praktický význam, je nutné jej doplnit údajem o způsobu vybití, při kterém byla příslušná závislost získána. Graf na obr. 1 tyto údaje neobsahuje, může tedy sloužit pouze pro získání představy o chování jednotlivých typů zdrojů. Ukazuje nám však, že napětí **Leclanchéových článků**, např. monočlánků či tužkových článků, se při vybití téměř rovnoměrně zmenšuje. Těmito články můžeme napájet pouze takové přístroje, které jsou

schopné pracovat i při značném poklesu napájecího napětí (nejméně o 30 %). Použijeme-li baterii složenou z těchto článků v přístroji, který například při poklesu napájecího napětí o 20 % již pracuje nespolehlivě, získáme k přístroji nedůvěru. Články pak musíme často měnit, i když jsou vlastně vyčerpány jen zčásti. Nepoužijeme-li při ožívování nové články, nemusí se vůbec podařit přístroj uvést do provozu. V podobném případě buď zvětšíme počet článků napájecí baterie a přístroj vybavíme stabilizátorem napětí, který ochrání citlivé obvody před účinky přepětí, nebo použijeme jiný typ článku s příznivějším průběhem vybíjecí charakteristiky. Může to být například **alkalický článek**, jehož vybíjecí charakteristiku představuje na obr. 1 křivka b. Téměř ideální průběh vybíjecí charakteristiky mají **články stříbrooxidové** používané pro napájení digitálních hodin (křivka c). U nich dochází k prudkému poklesu napětí až na konci života článku. Podobnou charakteristiku mají **články rtuťové i lithiové**, rovněž používané v digitálních hodinách, nebo **akumulátory NiCd**, které velmi dobře znají modeláři. Ti vědí, že jim takový průběh vybíjecí charakteristiky působí problémy při zjišťování stavu akumulátoru. Pouhým měřením napětí nemůžeme zjistit, do jaké míry je akumulátor vyčerpán, zřetelný pokles napětí již signalizuje jeho plné vyčerpání. Proto je vhodné sledovat dobu jeho zatěžování. Vynásobíme-li tuto dobu předpokládanou průměrnou velikostí odebraného proudu, zjistíme pravděpodobné množství odčerpané kapacity akumulátoru.

Příklad: Plně nabitý akumulátor NiCd s kapacitou 1,2 Ah jsme měli v provozu čtyřikrát po třiceti minutách. Průměrné zatížení akumulátoru jsme odhadli asi na 100 mA. Protože $4 \times 0,5 \text{ (h)} \times 0,1 \text{ (A)} = 0,2 \text{ (Ah)}$, můžeme předpokládat, že kapacitu akumulátoru jsme vyčerpali přibližně z jedné šestiny.

Primární články

Běžně se využívají pro napájení přenosných zařízení. V amatérské praxi jsou vhod-



Obr. 1 Vybíjecí charakteristiky primárních článků:

a – Leclanchéovy články; b – alkalické články; c – stříbrooxidové články; d – rtuťové články; e – lithiové články

né zejména s ohledem na bezpečnost a nenáročnost použití. Jsou vyráběny tak, že je mohou používat i naprostí laici. To však často vede k tomu, že mnozí amatéři podceňují nutnost zajímat se blíže o jejich vlastnosti.

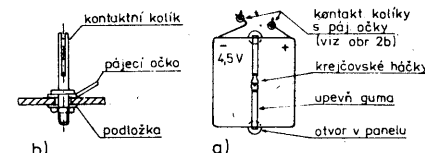
Nejčastěji používané primární elektrické články jsou články Leclanchéovy. Každý článek sestává z **uhlíkové tyčinky** (roubiku), která je ponořena v **elektrolytu** a tvoří kladný pól. Záporným pólem je zinkové pouzdro. Depolarizátorem je oxid manganitý MnO_2 (burel). Elektrolytem (roztok salmiaku) je nasáknutý absorpční materiál. To proto, aby nemohl vytéci při jakémkoliv poloze článku. Říká se jim články „suché“. V zahraničí se pro tyto články používá i označení „zinc carbon“. I u nás se můžeme setkat s označením „zinek-uhlík“.

Přestože mluvíme o tzv. suchých článcích, vzniká při jejich vybití uvnitř voda (reakcí vodíku s burelem), která způsobuje jejich vlnutí. V přístroji, kde by to mohlo mít zvlášť nepříjemné důsledky, použijeme raději články v tzv. provedení leak-proof s ocelovým opláštěním, které brání pronikání vlhkosti na povrch článku. Některé zahraniční firmy (např. VARTA) již vyrábějí všechny články pouze v tomto provedení.

U nás i v zahraničí se vyrábí řada typů Leclanchéových článků. Aby články různých výrobců byly navzájem zaměnitelné, jsou jejich nejdůležitější vlastnosti (hlavně rozměry) celosvětově normalizovány. Přehled nejužívanějších tuzemských článků je uveden v tabulce č. 1. Protože kapacita suchých článků značně závisí na způsobu vybití, je velmi obtížné ji jednoznačně určit. Pro získání představy o možnostech jednotlivých typů článků je jejich pořadí v tabulce voleno podle maximálně dosažitelné kapacity. Kapacitu článku nejlépe využijeme při přerušovaném vybití malým proudem, či jestliže zatěžování článků střídáme s dobou klidu nutnou pro jejich částečné zotavení.

Jak z tabulky 1 vyplývá, nejhospodárnějším zdrojem jsou monočlánky. Jejich používání však u začínajících amatérů naráží na problém upevnění v přístroji. Výroba spolehlivého držáku vždy představuje značný problém. V našem kroužku řešíme používání monočlánků „sběrem“ starých poničených elektromechanických hraček, z nichž neporušený držák opatrně vyřízneme a všechny hrany zapilujeme tak, aby nemohlo dojít k poranění.

Ideálním zdrojem pro začínající amatéry je plochá baterie. I nejmenší děti ji do přístroje připojí bez problémů. K uchycení baterie postačí pásek gumy (např. krejčovské) protažený otvory v montážním panelu přístroje (nad a pod baterii). Na konce gumy našijeme krejčovské háčky. Výhodou ploché baterie je možnost nespolehlivějšího připojení vodičů jejich připájením. Chceme-li zajistit vyměnitelnost baterie v přístroji bez použití páječky, jako je to běžné u profesionálních výrobků, můžeme baterii připojovat navlékacími kontakty. Ty jsou k dostání v prodejnách elektrospotřebičů a modelářských potřeb, příp. si je vyrobíme z kolíků ze slaboproudé zástrčky (typ 171/4260-01), do jejichž zářezů nasuneme páskové vývody z baterie (viz obr. 2).



Obr. 2 Uchycení ploché baterie v přístroji

Jmenovité napětí ploché baterie vyhovuje pro většinu konstrukcí začínajících amatérů. Při sériovém řazení pro získání

VARTA udává stejné nabíjení 14 hodin, výrobce sovětských akumulátorů dokonce jen 12 hodin. Tento způsob nabíjení je možno použít bez ohledu na stav vybití článku či baterie. Nabíjí se v normálních podmínkách, tj. při teplotě kolem 20 °C. Na konci nabíjení dosahuje každý článek napětí 1,45 až 1,55 V. Nabíjíme-li článek menším proudem, nabíjecí dobu příslušně prodloužíme. Velmi vybité akumulátory a články, které se přepólovaly, je doporučováno nabíjet jmenovitým proudem až 24 hodin.

Při skladování i během provozu výrobce

doporučuje provést nejdéle po půl roce úplný vybíjecí a nabíjecí cyklus, oboje proudem rovným hodnotě jmenovitého nabíjecího proudu. Akumulátor lze provozovat v rozmezí teplot -25 °C až +40 °C. Při provozu v teplotách značně odlišných od 20 °C a při vybíjení velkými proudy kapacita akumulátoru značně klesá. Maximální vybíjecí proud může být desetinásobkem hodnoty jmenovitého nabíjecího proudu.

Zrychlené nabíjení připadá v úvahu pouze u článků se sintrovanými elektrodami, z článků v tab. 4 je to typ NiCd 4000 v posledním

řádku. Výrobce povoluje buď normální nabíjení proudem 470 mA po dobu 12 hodin nebo zrychlené proudem 3,1 A po dobu 1 hodiny 30 minut při teplotě 20 °C. Před nabíjením musíme článek plně vybit do napětí 0,9 V. Nelze-li, je třeba při nabíjení kontrolovat teplotu článku a při ztelném vzrůstu teploty obalu článku nabíjení ukončit. Maximální proudové zatížení článku je 8 A. Před nabíjením článků zapojených v sérii je vhodné se přesvědčit, zda některý z nich není vadný, nemá-li zkrat.

Kontakty vývodů tvoří dno a čepička článků.

Tab. 4: Přehled uzavřených NiCd akumulátorů čs. výroby

Typ	Mezinárodní označení IEC	Rozměry (mm)	Napětí (V)		Jmenovitá kapacita (mAh)	Vývody
			jmenovité	konečné		
NiCd 225	KBL26/9	Ø 25,2 × 8,9	1,2	1,0	225	kontakty
NiCd 226	KBL26/9	Ø 25,2 × 8,9	1,2	1,0	225	páskové
NiCd 450	KRL15/51	Ø 14,5 × 50,5	1,2	1,0	450	páskové
NiCd 451	KRL15/51	Ø 14,5 × 50,5	1,2	1,0	450	kontakty
NiCd 900	KRL15/91	Ø 14,5 × 91	1,2	1,0	900	páskové
NiCd 901	KRL15/91	Ø 14,5 × 91	1,2	1,0	900	kontakty
NiCd 2000	KRL35/62	Ø 34,2 × 61,5	1,2	1,0	2000	kontakty
10NiCd 229	-	Ø 27,1 × 89	12	10	225	kontakty
NiCd 4000	KRM35/62	Ø 34 × 62	1,2	1,0	4000	páskové

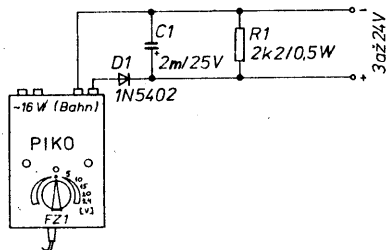
SÍŤOVÉ ZDROJE

Neuměrně vysoká cena běžně dostupných baterií na našem trhu nás nutí, chceme-li se seznamovat s elektronikou a stavět si různé elektronické přístroje, vyrobit si vhodný a hlavně bezpečný síťový zdroj malého stejnosměrného napětí. Potřebujeme k tomu síťový transformátor s usměrňovačem. Aby nemohlo dojít k úrazu elektrickým proudem, použijeme výhradně transformátory, které výrobce konstruoval tak, aby s ním mohly manipulovat i děti. Zásadně nepoužíváme různé zvonkové či někým doporučené transformátory, byť by po technické stránce vyhovovaly. To proto, že každý elektrotechnik, aby mohl samostatně pracovat, musí mít dvě kvalifikace – znalost odbornou a znalost bezpečnostních předpisů. Protože vy se zatím seznamujete s touto první oblastí, byla by škoda znehodnotit dobrou technickou úroveň vašich prací neodborným provedením z hlediska bezpečnostních předpisů. Z vašich výrobků by se tak staly životu nebezpečné přístroje. Proto použijeme síťové zdroje pro modely železnic či autodráhy.

U nás nejrozšířenější jsou výrobky firmy PIKO – transformátor s usměrňovačem FZ1 a menší typ 1762 (Junior). Oba typy mají vestavěnou automatickou tepelnou ochranu, takže při náhodném zkratu nehrozí jejich zničení. Napětí u zdroje FZ1 má hodnotu

maximálně 24 V (naprázdno), u malého transformátoru Junior závisí tato hodnota na odběru proudu a pohybuje se od 9 V (při proudu 0,2 A) do 12 V bez zatížení.

Připojíme-li na sekundární výstup (malé střídavé napětí) jednocestný usměrňovací obvod podle obr. 3, dostaneme nejjednodušší regulovatelný zdroj nestabilizovaného stejnosměrného napětí. Takový zdroj však



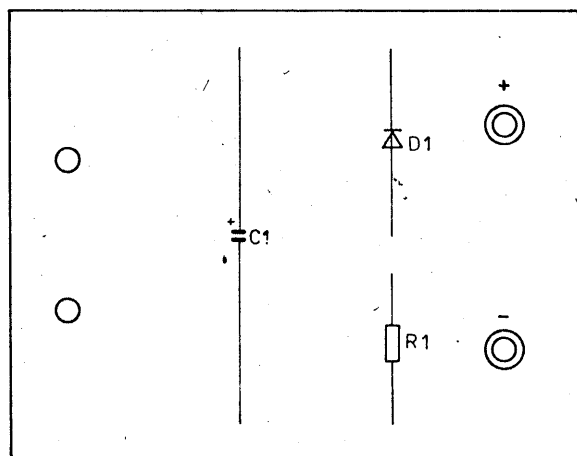
Obr. 3. Jednocestný usměrňovací obvod

má některé nečnosti, víme-li však o nich, lze jej úspěšně používat do doby, než si pořídíme zdroj stabilizovaný. Dioda D1 brání přepólování zdroje při vytočení regulačního prvku transformátoru na druhou stranu. Pod ukazatelem tohoto prvku si můžeme zhotovit orientační stupnici výstupního napětí. Musíme však počítat s tím, že při zatížení zdroje klesne jeho napětí (mimo jiné) o úbytky na

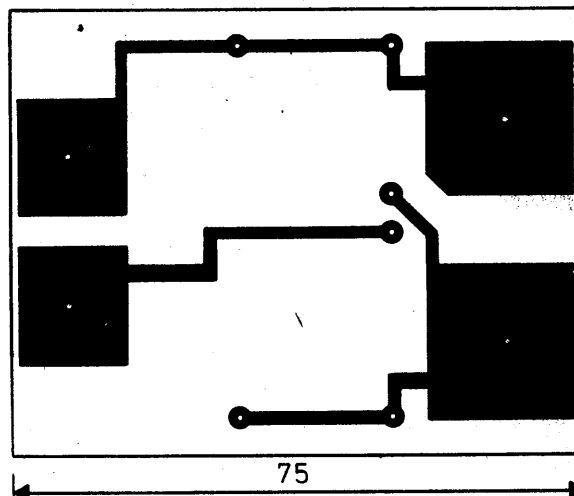
přechodech diod usměrňovače a diody D1. Pokles výstupního napětí o 1 až 2 V podle odběru je nepřijemný, zejména při nastavení malých výstupních napětí. Odpor R1 má za úkol vybit filtrační kondenzátor nezátíženého zdroje při nastavení menšího výstupního napětí. Je třeba počítat s tím, že napětí nezátíženého zdroje neklesne okamžitě po změně nastavení regulačního prvku, ale musíme na ustálení počkat asi 15 sekund. Součástky jsou zapájeny v destičce plošných spojů (obr. 4), která je upevněna přímo na šroubovací svorky transformátoru označené „Bahn“. Výstup zdroje vyvedeme na přístrojové svorky, v nouzi postačí i zkrácené zdičky. Největší výstupní napětí zdroje je asi 24 V, proto je třeba začátečníkům připomenout opatrnost při práci – nepozorným připojením velkého napětí by mohli citlivé obvody zničit.

Nectnosti předchozího zapojení odstraňuje stabilizovaný zdroj. Přes jednoduchost řešení má velmi dobré vlastnosti: výstupní napětí lze regulovat v rozsahu asi 1 až 12 V, maximální zatížení je 0,75 A při výstupním napětí 12 V.

Schéma usměrňovače je na obr. 5. Napájíme jej z transformátoru FZ1 neusměrněným neregulovatelným napětím (16 V) ze svorek označených „Zubehör“. Toto napětí je jednocestně usměrněno diodou D1 a filtrováno kondenzátorem C1. Za ním následuje integrovaný stabilizátor IO1. Kromě obvodů



Obr. 4. Deska plošných spojů přidavného usměrňovacího obvodu Z709



Tab. 3. Stříbroxidové baterie

Model Typ	JIS	I.E.C.	Nominal. napětí (V)	Nominal. kapacita (mAh)	doporučený odběr			rozměry		váha (g)	značení jiných výrobci
					max. (mA)	Standard (mA)	min. (μA)	průměr inch (mm)	výška inch (mm)		
SR41 SP312	SR41	SR41	1.55	28, 40	8	0.10	2	0.31(7.9)	0.14(3.60)	10.8(0.7)	G3, S312E
SR48 SP13	SR48	SR48	1.55	75	8	0.10	2	0.31(7.9)	0.21(5.40)	17.0(1.1)	G5, S13E
SR1120	SR1120	SR55	1.55	45	15	0.10	2	0.46(11.6)	0.08(2.05)	13.9(0.9)	G8
SR1130	SR1130	SR54	1.55	80	15	0.20	3	0.46(11.6)	0.12(3.05)	21.6(1.4)	G10
SR43 SP41	SR43	SR43	1.55	120	15	0.20	5	0.46(11.6)	0.17(4.20)	29.3(1.9)	G12, S41E
SR44 SP76	SR44	SR44	1.55	160	60	3.00	6	0.46(11.6)	0.21(5.40)	35.5(2.3)	G13, S76E
SR626W		(SR66)	1.55	26	8	0.05	2	0.27(6.8)	0.10(2.60)	6.2(0.4)	376 43
SR721W SP361		SR58	1.55	25	8	0.05	2	0.31(7.9)	0.08(2.15)	7.7(0.5)	361 46, 280-53 SB-BK
SR726W SP396		SR59	1.55	30	8	0.10	2	0.31(7.9)	0.08(2.15)	9.3(0.6)	396 29, 280-52 SB-BL
SR41W SP392		SR41	1.55	40, 45	8	0.10	2	0.31(7.9)	0.14(3.60)	10.8(0.7)	392 2, 280-13 SB-B1
SR48W SP393		SR48	1.55	75	8	0.10	2	0.31(7.9)	0.21(5.40)	17.0(1.1)	393 13
SR916W SP372		(SR68)	1.55	26	8	0.05	2	0.37(9.5)	0.06(1.65)	7.7(0.5)	372, 280-61
SR920W SP370		(SR69)	1.55	38, 40	8	0.10	2	0.37(9.5)	0.08(2.05)	10.8(0.7)	370 36, 280-51
SR927W SP399		SR57	1.55	55	8	0.10	2	0.37(9.5)	0.11(2.70)	12.3(0.8)	399 35, 280-44 SB-BP
SR1120W SP391		SR55	1.55	45	15	0.10	2	0.46(11.6)	0.08(2.05)	13.9(0.9)	391 23, 280-30 SB-B5
SR1130 SP389		SR54	1.55	80	15	0.20	3	0.46(11.6)	0.12(3.05)	21.6(1.4)	389 17, 280-15 SB-BU
SR43W SP386		SR43	1.55	120	15	0.20	5	0.46(11.6)	0.17(4.20)	29.3(1.9)	386 6, 280-41 SB-B8
SR44W SP357		SR44	1.55	180	15	0.20	7	0.46(11.6)	0.21(5.40)	37.0(2.4)	357 7, SB-B9
SR512SW SP335			1.55	5.5	0.1	0.01	0.2	0.23(5.8)	0.05(1.25)	2.31(0.15)	335
SR516SW SP317		(SR62)	1.55	10, 11.5	0.2	0.02	0.5	0.23(5.8)	0.06(1.65)	3.1(0.2)	317
SR521SW SP379		(SR63)	1.55	13, 16	0.7	0.05	1	0.23(5.8)	0.08(2.15)	3.1(0.2)	379, 280-59
SR527SW SP319			1.55	20	0.7	0.05	1	0.23(5.8)	0.11(2.70)	4.6(0.3)	319, 280-60
SR616SW SP321		(SR65)	1.55	14, 16	0.7	0.05	1	0.27(6.8)	0.06(1.65)	4.6(0.3)	321 38
SR621SW SP364		SR60	1.55	18, 23	0.7	0.05	1	0.27(6.8)	0.08(2.15)	6.2(0.4)	364 31, 280-34 SB-AG
SR626SW SP377		(SR66)	1.55	26, 30	0.7	0.05	1	0.27(6.8)	0.10(2.60)	6.2(0.4)	377 37, 280-39
SR712SW			1.55	10	0.2	0.02	0.5	0.31(7.9)	0.05(1.29)	4.6(0.3)	
SR716SW SP315		(SR67)	1.55	19, 21	0.7	0.05	1	0.31(7.9)	0.06(1.65)	6.2(0.4)	315 40, 280-56
SR721SW SP362		SR58	1.55	24	0.7	0.05	1	0.31(7.9)	0.08(2.15)	7.7(0.5)	362 19, 280-29 SB-AK
SR726SW SP397		SR59	1.55	30	0.7	0.05	1	0.31(7.9)	0.10(2.60)	9.3(0.6)	397 29, 280-28 SB-AL
SR41SW SP384		SR41	1.55	40, 45	0.7	0.05	2	0.31(7.9)	0.14(3.60)	10.8(0.7)	384 10, 280-18 SB-A1
SR916SW SP373		(SR68)	1.55	26	0.7	0.05	1	0.37(9.5)	0.06(1.65)	7.7(0.5)	373 41, 280-45
SR920SW SP371		(SR69)	1.55	36, 40	0.7	0.05	2	0.37(9.5)	0.08(2.05)	10.8(0.7)	371 30, 280-45 SB-AN
SR927SW SP395		SR57	1.55	55	0.7	0.05	2	0.37(9.5)	0.11(2.70)	12.3(0.8)	395 25, 280-48 SB-AP
SR43SW SP301		SR43	1.55	110	0.7	0.10	4	0.46(11.6)	0.17(4.20)	29.3(1.9)	301 1, 280-47 SB-A8
SR47SW SP303		SR47	1.55	170	0.7	0.20	7	0.46(11.6)	0.22(5.60)	37.0(2.4)	303 9, 280-08 SB-A9
4SR44		4SR44	6.20	160	60	3.00	6	0.51(13.0)	0.99(25.10)	177(11.5)	544, 4G13

bíče s vysokými odběry (v širokém rozsahu od filmových kamer po elektronické hry)

– **miniaturní** – sem patří pět různých elektrochemických systémů určených pro přístroje s velmi malou proudovou zátěží, jako hodinky, kalkulačky, naslouchadla aj. Patří sem články:

- **rtuťové**, s velkou energetickou kapacitou a dlouhou životností pro malé zatížení. Napětí článku je 1,35 V,
- **stříbrné**, které mají rovněž velkou energetickou kapacitu a dlouhou životnost při malé zátěži. Napětí článku je 1,5 V,
- **burelové**, které mají rovněž napětí 1,5 V, ale kratší životnost než předchozí,
- **zinkovzdušné**, které jsou levné, mají dlouhou životnost pro nepřetržitě vybíjení v zařízeních typu naslouchadel. Napětí je 1,5 V,
- **lithiové** patří k nejnovějšímu typu baterií s napětím přes tři volty i při vysoké zátěži. Jejich skladovatelnost je 10 let a mají výborné vlastnosti i za extrémních teplot.

Sekundární články

Elektrochemické zdroje tohoto typu jsou konstruované tak, aby byl umožněn vratný proces – tedy dobíjení. Říkáme jim akumulátory. Při nabíjení každého akumulátoru dochází k elektrolyze vody obsažené v akumulátoru. Plyný vodík se s kyslíkem v akumu-

látoru hromadí a jejich tlak se postupně zvětšuje. Proto je třeba nabíjet běžné akumulátory s odšroubovanými plnicími zátkami. To nedovoluje akumulátor neprodyšně uzavřít, manipulace s ním je nepohodlná a může dojít i k vylití elektrolytu. Relativně obtížná je i jeho údržba. Zejména z uvedeného důvodu (a několika dalších) se používání běžných olověných akumulátorů u přenosných elektronických zařízení neujalo. Alkalické nikl-kadmiové akumulátory (NiCd) lze provozovat i uzavřené. Dále se proto budeme věnovat pouze jim.

Uzavřený **nikl-kadmiový** článek nepotřebuje kromě nabíjení žádnou údržbu, může být tedy používán stejně jako suché primární články. Výrobci akumulátorů proto některé typy dodávají v pouzdech shodných s pouzdry suchých článků.

V tabulce 4 je přehled uzavřených NiCd akumulátorů československé výroby (Bateria Slaný). Všechny typy mohou pracovat v libovolné poloze, typ NiCd 451 můžeme použít místo suchých tužkových článků R6, typ NiCd 2000 může nahradit monočlánky R20. Pro amatéry jsou velmi vhodné i typy s páskovými vývody, které lze připojovat pájením, takže lze vyloučit vliv nespolehlivých bateriových držáků. Akumulátor bez páskových vývodů pájet nesmíme. Mezi přednostmi akumulátorů patří jejich velmi malý vnitřní odpor, řádově mΩ.

Tabulka 4 udává konečné vybíjecí napětí

akumulátorů 1 V. Provozujeme-li článke vybíjený pod tuto mez v baterii sériově řazených článků, které ještě vyčerpány nejsou, riskujeme jeho přepólování. Vyčerpáný článek se totiž nechová jako zdroj, ale jako spotřebič, takže jím prochází proud ostatních článků vlastně v opačném směru. Většinou článek nezničme, ale zkracujeme tím podstatně dobu jeho života. Výrobce zaručuje životnost správně provozovaného akumulátoru na 392 cyklů nabití – vybití. Po této době se může snížit kapacita akumulátoru na 60 % původní hodnoty. Akumulátory se mají po vybití ihned nabít, nemají se nechávat ve vybitém stavu delší dobu. Proto se akumulátorové články dodávají v polonabitěm stavu. Před použitím je třeba je nejprve nabít. Nabíje-li se článek vždy ihned po krátkém částečném vybití, pak se jeho doba života značně prodlužuje.

Ve srovnání se suchými články podléhají akumulátory více **samovybíjení**, někteří výrobci udávají až jednorázovou ztrátu původního náboje denně. Je tedy třeba počítat s tím, že plně nabitý akumulátor se po třech měsících sám vybije vnitřními chemickými pochody. Menší články ztrácejí svůj náboj rychleji než větší články stejného typu.

Nabíjíme stejným proudem 1/10 jmenovité kapacity akumulátoru po dobu 16 hodin. Krátkodobé přebíjení není na závadu (max. 20 hodin). Výrobce tedy doporučuje články nabíjet na 160 % kapacity. Firma

Tab. 1. Vlastnosti některých suchých článků a baterií tuzemské výroby

	TYP	Mezinárodní označení	Rozměry (mm)	Jmenovité napětí (V)	Režim vybíjení		Minimální vybíjecí doba čerstvého článku baterie
					Zatěžovací odpor (Ω)	Doba vybíjení během dne	
Monočlánek	145	R20	$\varnothing 34 \times 61,5$	1,5	5	30 min	900 min
				1,5	40	4 h	150 h
				1,5	1	1)	540 cyklů ²⁾
				1,5	5	4 h	9 h
Mnohočlánek (malý)	134	R14	$\varnothing 26 \times 50$ 1,5	1,5	5	10 min	220 min
				75	4 h	100 h	180 cyklů ²⁾
				1,5	1	1)	
Plochá baterie	314	3R12	$62 \times 22 \times 67$	4,5	15	10 min	200 min
Tužkový článek	155	R6	$\varnothing 14,5 \times 50,5$	4,5	225	4 h	100 h
				1,5	5	5 min	150 min
				1,5	75	4 h	50 h
Tužkový článek	150	R6	$\varnothing 14,5 \times 50,5$	1,5	300	12 h	250 h
				1,5	5	5 min	90 min
				1,5	75	4 h	35 h
Baterie (válcová)	224	2R10	$\varnothing 21,5 \times 74$	1,5	300	12 h	180 h
				3,0	10	5 min	80 min
				9,0	900	4 h	25 h
Destičková baterie	71D	–	$33 \times 24 \times 57$	6,0	300	6 h	32 h
Destičková baterie	51D	6F22	$26,5 \times 17,5 \times 48,5$	9,0	900	4 h	25 h

1) cyklické vybíjení 15 s v každé minutě během 1 hodiny za den

2) jeden cyklus 15 s vybíjení a 45 s přerušení

napětí 9 V umístíme každou baterii z jedné strany montážního panelu a obě zajistíme jedním pryžovým páskem. Toto uspořádání umožňuje na panel umístit připojovací kolíky z obou stran pro obě baterie. U kolíků nesmíme zapomenout označit jejich polaritu.

Při experimentování se občas vyskytne potřeba napětí menšího než 4,5 V nebo 9 V. Prostým zařazením odporu do přívodu k baterii bychom zvětšili vnitřní odpor zdroje, což by mohlo mít nepříznivý vliv na funkci přístroje. V takových případech, chceme-li např. zjistit chování obvodu při sníženém napětí, odškrábeme u ploché baterie vrchní vrstvu aseptu a přívodní vodič připojíme na příslušný článek.

Jmenovité napětí ploché baterie svádí i k používání pro přímé napájení přístrojů s integrovanými obvody TTL. Nejjednodušší obvody (blikáče, bzučky apod.) s tímto zdrojem skutečně pracují, však napájení složitějších přístrojů takovým způsobem vůbec nelze doporučit, protože zvýšeným odběrem proudu se snižuje napětí baterie.

Používání tužkových článků usnadňuje amatérům sériové vyrábění „křížové pouzdro“ – typ 5172 – pro uchycení čtyř článků.

Z posledního řádku tabulky 1 vyplývá, že největší proud, kterým výrobce doporučuje zatěžovat devítivoltovou destičkovou baterii 51 D je asi 10 mA. Použití této baterie je tedy třeba vždy řádně zvážit. V zahraničí jsou vyráběny typy, které mohou být krátkodobě zatěžovány větším proudem, jejich kapacita se tím však podstatně zmenší.

Aby i běžný uživatel poznal, pro jaké použití je článek (či baterie) vhodný, udávají někteří výrobci toto určení graficky na obalu. Např. obrázek žárovčky znamená, že je určen pro použití na svítilnách (viz 3. strana obálky).

Články a baterie firmy VARTA mají na stříbrném obalu nápis SUPER. Výrobce

udává, že jsou to levné výrobky pro všechna použití s nízkým odběrem proudu. Špičkové výrobky tohoto typu řady 3000 nesou označení SUPER DRY, základní barva obalu je zlatá. Pro aplikace, kde očekáváme velké proudové zatížení zdroje, vyrábí firma VARTA ve shodných pouzdrech černé barvy baterie a články řady 4000 označené Energy 2000 – Alkaline. Jak již označení napovídá, v tomto případě se již nejedná o Leclanchéovy články, ale o články, pro které se u nás používá označení alkalické, alkalickomanganové či burelové.

U alkalických článků je elektrolytem roztok hydroxidu draselného. Ocelové pouzdro brání jeho vytečení. Ve srovnání s Leclanchéovými články mají větší kapacitu, menší vnitřní odpor, méně podléhají samovybíjení a lépe snášejí zatížení větším odběrem proudu. Jejich vybíjecí charakteristiku zobrazuje křivka b v obrázku 1.

I u nás je vyráběn alkalický článek LR6 typu 6500 v pouzdře tužkového článku. Jeho vlastnosti jsou uvedeny v tabulce 2. Výrobce zakazuje článek nabíjet a zahřívát i pájet k němu přívody. Maximální proudové zatížení je dle výrobce 2 A.

V současné době se na trhu objevily suché články nejružnějších světových výrobců. Lze očekávat, že v budoucnu to bude zcela běžné. Proto můžeme předpokládat, že budeme mít možnost běžně koupit i alkalické články všech rozměrových typů, od monočlánků až po devítivoltovou baterii.

Další zdroje, s nimiž se stále častěji setkáváme, jsou **miniaturní články** používané zejména v digitálních hodinkách. Vyznačují se velkou objemovou kapacitou, tj. kapacitou článku v porovnání s jeho objemem a příznivě plochým průběhem vybíjecí charakteristiky. Rovněž skladovací schopnosti jsou mnohem lepší než u článků Leclanchéových. Běžně se používají buď články

rtuťové (HgO-Zn) s jmenovitým napětím 1,35 V nebo **stříbrooxidové** (Ag₂O – Zn nebo AgO – Zn) s jmenovitým napětím 1,55 V. Kapacita se pohybuje kolem 100 až 200 mA/h (tab. 3). Životnost těchto primárních elektrických článků udávají někteří výrobci až tři roky.

V současné době se dostávají do popředí stále více články na bázi lithia. **Lithiové články** umožňují dosáhnout napětí od 1 V do 4 V, hodnota jmenovitého napětí závisí na tom, jaký kovový prvek je použit na kladnou elektrodu článku v kombinaci s lithiem. Miniaturní lithiové články se vyznačují zcela nepatrným samovybíjením, což umožňuje několikanásobně prodloužit jejich skladování ve srovnání s články stříbrooxidovými. Výrobci uvádějí ztrátu kapacity lithiových článků po pětiletém skladování maximálně 5 %. Použití článků na bázi lithia v náramkových hodinkách tedy podstatně prodlouží jejich provozní dobu.

Všechny jmenované články jsou vyráběny převážně v miniaturním provedení, hodí se proto pro napájení obvodu s velmi malým odběrem.

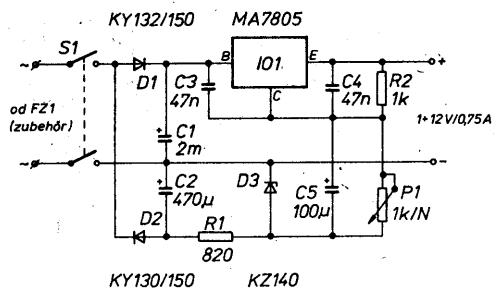
Nejvýhodnější použití primárních článků a baterií

- **zinkouhlíkové (Leclanché)** jsou velmi úsporné a spolehlivé články pro nízké až střední zátěže a přerušované použití, např. pro svítilny, tranzistorová rádia, zařízení pro dálkové ovládání a pod.
- **zinkochloridové** jsou vhodnější pro střední až vysoké zátěže a použití ve svítilnách, hračkách, přenosných magnetofonech a přehrávačích,
- **alkalické burelové** jsou určeny pro vysoké zátěže nebo nepřetržité vybíjení tak, jak to vyžadují současné nejmodernější spotře-

Tab. 2. Vlastnosti alkalického burelového článku čs. výroby

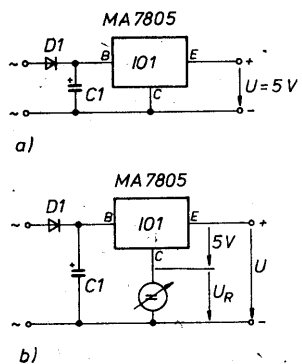
Typ	Mezinárodní označení	Rozměry (mm)	Napětí (V)	Režim vybíjení		Minimální vyb. doba čerstvého článku
				Zatěžovací odpor	Doba vybíjení během dne	
6500	LR6	$\varnothing 14,5 \times 50,5$	1,45	1 5 300	1) 5 min 12 hod.	20 min. 200 min. 288 hod.

1) nepřerušované vybíjení



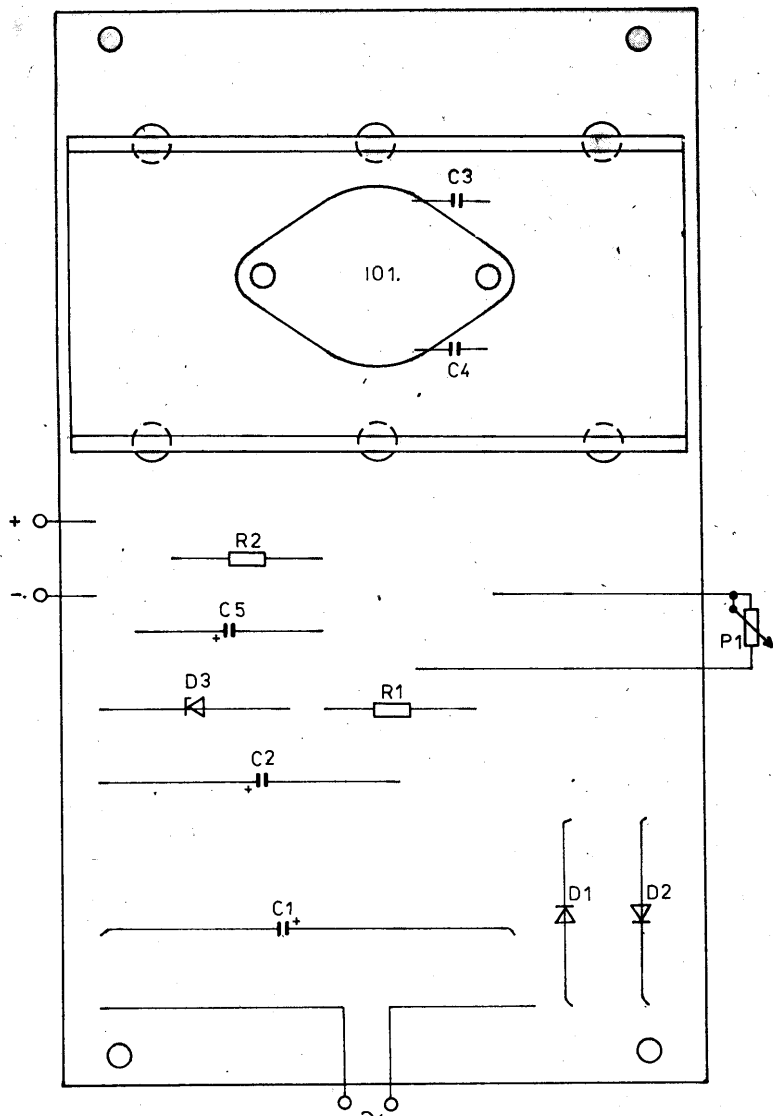
Obr. 5. Schéma usměrňovače

zajišťujících stabilizaci výstupního napětí má tento IO vestavěny elektronické pojistky, které jej chrání při zkratu výstupních svorek (omezení zkratového proudu) a při překročení výkonové ztráty IO (tepelná ochrana). Pro pochopení funkce se nejprve podíváme na obr. 6a, kde je nakresleno nejjednodušší zapojení tohoto integrovaného obvodu. V tomto zapojení pracuje jako dokonale stabilizátor napětí 5 V, které nelze měnit. Zařadíme-li však mezi vývod C integrovaného obvodu a společný vodič zdroj napětí (viz obr. 6b), změní se výstupní napětí stabilizátoru na hodnotu $U = U_R + 5 \text{ V}$. Chceme-li dosáhnout vyššího výstupního napětí, musí být $U_R > 0$, chceme-li regulovat výstupní napětí směrem k nule, musíme U_R

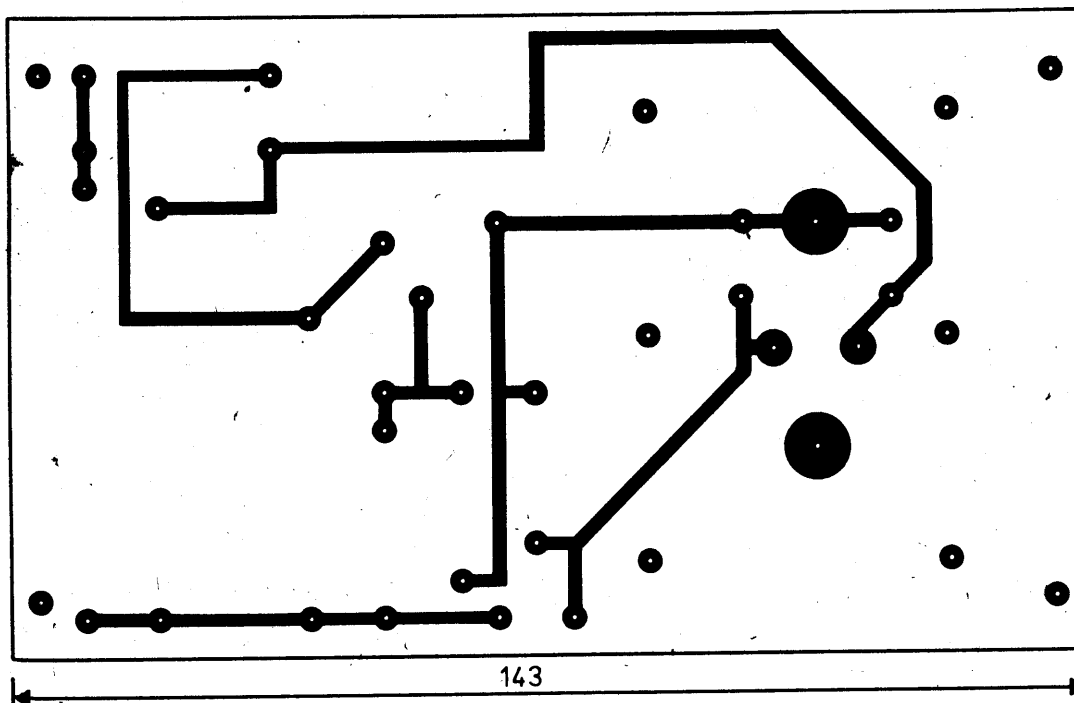


Obr. 6. Stabilizovaný zdroj:

- a) zapojení integrovaného stabilizátoru
b) obvod napětového stabilizátoru



Obr. 7. Deska plošných spojů stabilizovaného zdroje Z710



mění v intervalu 0 až -5 V. V zapojení na obr. 5 stabilizuje dioda D3 záporné napětí usměrněné diodou D2. K němu se pak přičítá proměnné napětí kladné polaroty vytvořené regulovatelným děličem sestaveným z odporu R2 a potenciometru P1. Při nulové hodnotě odporu potenciometru je na vývodu C integrovaného obvodu plně záporné napětí, takže výstupní napětí zdroje je nejmenší, rovno rozdílu napětí stabilizátoru (5 V) a napětí na Zenerově diodě (3 až 4 V). Při zvětšování odporu potenciometru se napětí C zvětšuje a uměrně s tím na svorce i výstupní napětí zdroje.

Pokyny ke stavbě

Zdroj je vestavěn do krabice z plastické hmoty, kterou lze pod označením U6 koupit v prodejnách s elektrooborou. Všechny součástky kromě vypínače S1 a potenciometru P1 jsou umístěny na destičce s plošnými spoji (obr. 7). Destičku v krabici upevníme podle obr. 8 spolu s kartonovým dnem původními samořeznými šroubky. Mezi cup-

chladiče integrovaného obvodu zajistíme vytvářením otvorů ve stěnách krabice a předznačených otvorů v cuprexitové desce a samozřejmě i v kartonu. Na tom, jak dokonale bude chlazen integrovaný obvod, závisí nejvyšší hodnota proudu, kterým budeme moci zdroj zatížit. V prodejnách TESLA ELTOS je možné zakoupit různé druhy chladičů. Vybereme největší chladič, který se do prostoru v krabici vejde. Chladič je tím účinnější, čím větší plochu má jeho povrch. Pro zvětšení této plochy se chladiče opatřují žebry. Vliv má i povrchová úprava chladiče – černěné chladiče lépe vyzařují teplo než stejné chladiče světlé barvy. Při montáži integrovaného obvodu dbáme na dobrý styk pouzdra obvodu s chladičem. Přechod tepla na chladič se zlepší, potřeme-li stykové plochy silikonovou vazelinou.

Keramické kondenzátory C3 a C4 zabráňují vř. zámitům integrovaného obvodu. Musí být proto umístěny co nejbližší jeho vývodům. Zapájíme je na desku buď pod chladič nebo ze strany spojů.

nevhodné. Na výstupu zdroje se osvědčily přístrojové svorky. Propojení na desku plošných spojů doporučuji tenkou dvojlinkou. Chceme-li umístit vedle vypínače S1 světelnou diodu pro indikaci zapnutí zdroje, použijeme diodu svítící zeleně a zapojíme ji do série s rezistorem R1. Katodu připojíme na záporný pól kondenzátoru C2, odpor rezistoru R1 musíme zmenšit na 680 Ω .

Uvedení do chodu se při pečlivé práci omezi na kontrolu napětí v následujících bodech (měřeno proti záporné výstupní svorce zdroje):

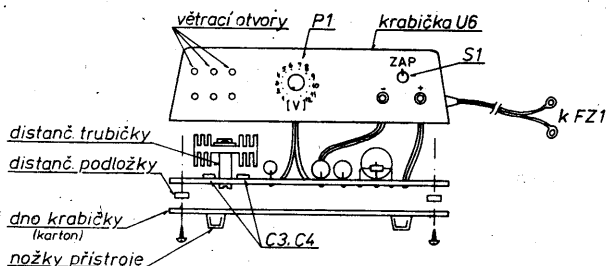
kladný pól kondenzátoru C1: + 24 V,
záporný pól kondenzátoru C2: - 24 V,
anoda diody D3: - 3 až - 4 V,
výstup zdroje:
možnost regulace od přibližně + 1 V do + 12 V.

Nemůžeme-li dosáhnout hodnoty + 12 V, je třeba nepatrně zmenšit odpor rezistoru R2.

Často je třeba ke zdroji připojit více obvodů současně. To umožňují doporučené přístrojové svorky. Je-li na předním panelu zdroje dostatek místa, je výhodné výstupní svorky zdvojit paralelně zapojenými zdířkami. Umožní to snadné připojení dalších šňůr zakončených banánky.

Rozpis součástek stabilizovaného zdroje

R1	- rezistor 820 Ω /0,5 W (TR214, MLT 0,5 ap.)
R2	- rezistor 1 k Ω /0,25 W (TR213, MLT 0,25 ap.)
P1	- potenciometr 1 k Ω /N-min. 0,5 W - viz text
C1	- elektrolytický kondenzátor 2000 μ F/25 V (TE675) nebo 4 x 470 μ F/40 V
C2	- elektrolytický kondenzátor 470 μ F/40 V (TF010)
C3, C4	- keramický kondenzátor 47 nF/32 V (TK683)
C5	- elektrolytický kondenzátor 100 μ F/25 V (TF009)
D1	- dioda KY132/150 (popř. 1N4002)
D2	- dioda KY 130/150 (popř. KY 132/150, 1N4002)
D3	- Zenerova dioda KZ140 - viz text
IO1	- integrovaný obvod MA7805
S1	- dvojpólový páčkový vypínač
	přístrojové svorky - dva kusy
	krabice U6



Obr. 8. Usměrnovač v krabici

rexitovou destičku a karton doporučuji dát distanční podložky vysoké asi 2 mm. Ke dnu z kartonu jsou přišroubovány nožky přístroje. Osvědčily se uzávěry z plastické hmoty použité na tubách pasty na zuby ap. Cuprexitová deska je užší, než je vnitřní rozměr krabice. Na stejný rozměr zúžíme i karton, aby dovnitř krabice mohl zespodu proudit vzduch. Dobré proudění vzduchu kolem

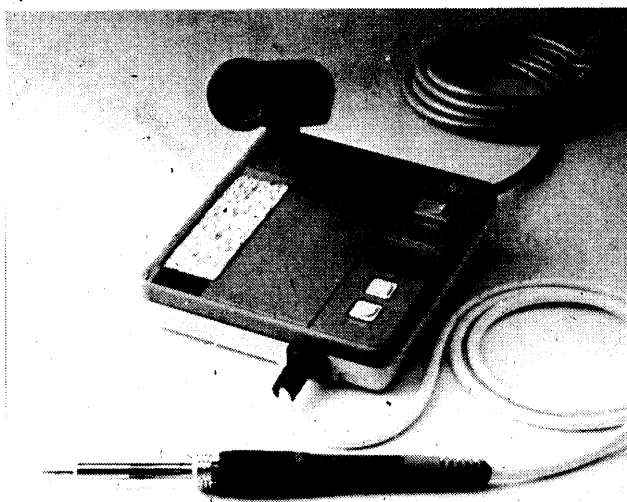
Potenciometr P1 musí snést zatížení alespoň 0,5 W. Na kvalitě tohoto potenciometru velkou měrou závisí stabilita nastavení výstupního napětí. Proto doporučuji použít buď drátové potenciometry (větší typy umožní jemnější regulaci) nebo cermetové TP 195 či TP 199. Ty jsou kvalitní, ale drahé. Postačí však i běžný typ TP 280 s lineárním průběhem! Miniaturní typy TP 160, TP 190 jsou

MIKROPROCESOREM ŘÍZENÁ MIKROPÁJEČKA

DENON SS8000

Pozoruhodnou novinkou pro amatéry i průmyslové využití je mikropáječka z výrobního programu japonské firmy Denon Instruments Co., vyvinutá pro velmi náročné práce zejména při pájení citlivých součástek a integrovaných obvodů do desek plošných spojů. Je vybavena mikroprocesorovým řízením plynule nastavitelné teploty hrotu od 100 °C do 450 °C s automatickou kontrolou stavu. Zdrojová a ovládací část je doplněna displejem s číslicovou indikací nastavené teploty a střídavě v sekundových intervalech i skutečné teploty hrotu. Při rozdílu těchto teplot menším než 10 °C se zobrazuje nepřerušovaně jen teplota pájecího hrotu. Údaj je již od teploty okolí, tj. asi 20 °C.

Držadlo páječky s měnitelným hrotem má keramické topné tělísko 80 W a proti účinkům statické elektřiny je uzemněno pomocí vodivé pryže. Je v něm vestavěno i teplotní čidlo jako součást zpětné vazby. Ve zdrojové části nad displejem je kontrolní světelná dioda, která bliká při abnormálním zemním odporu a jestliže se vyskytne svodové napětí. Lze také zvolit interval 45 min nebo 1 h, po kterém se automaticky snižuje teplota hrotu na 200 °C, jestliže se pájení přerušilo. Je možné využít i zemnici svorku, která se spojí při práci s pájeným předmětem, aby se zabránilo vniku nebezpečného napětí do integrovaných obvodů. Skříňka má celkové rozměry 165 x 160 x 45 mm a hmotnost 700 g, pájedlo je dlouhé 200 mm s hmotností 50 g. Mikropáječky lze získat i za koruny u firmy ERESKOM, Mnišek 258, 463 22 Liberec.



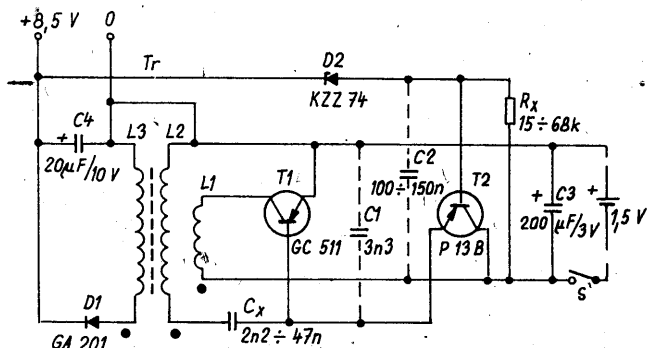
Obr. 1 Mikroprocesorem řízená mikropáječka s číslicovou kontrolou teploty DENON SS 8000

Štefan Dubecký

Při nedávném nedostatku baterií se mi velmi osvědčily dále popsané měniče, které mají jako primární zdroj jeden „tlustý“ monočlánek. Měniče lze používat k napájení přenosných měřicích přístrojů, při dobré filtraci výstupního napětí i k napájení přenosných tranzistorových přijímačů při poslechu VKV, KV, SV, částečně i DV. Měniče jsou malé (velikost závisí na použitých součástkách), mají nepatrnou hmotnost, jejich výstupní napětí je stále a pracují často i při primárním napětí menším než 1 V. Při optimálním seřízení výkonnějšího měniče lze při použití tranzistorů GC511 a napájecího napětí 4,5 V zvětšit účinnost měniče až na 90 % a na výstupu dosáhnout napětí až 30 V při odběru proudu asi do 60 mA.

V měničích se používají germaniové tranzistory, které obvykle zahálají v koutech „šuplíků“ – jejich typ a další vlastnosti nejsou ve většině případů určující – lze použít v podstatě libovolné typy, především u nevýkonných měničů.

Základní, nejjednodušší měnič je na obr. 1. Napětí na výstupu měniče je velmi stabilní. Kapacitu kondenzátoru C_x a odpor rezistoru R_x volíme podle vlastností použitých tranzistorů – výkon měniče lze zvětšovat zvětšováním kapacity kondenzátoru až na 47 nF a zmenšováním odporu rezistoru R_x až na 15 k Ω . Odběr proudu z monočlánu a účinnost měniče (v kladném smyslu) se



Obr. 1. Měnič 1,5 V/8,5 V. L1 má 90 závitů drátu CuL o \varnothing 0,16 mm, L2 145 z, \varnothing 0,1 mm, L3 180 z, \varnothing 0,12 mm. Tranzistor P13B (ge, p-n-p) lze nahradit i jiným typem ($P_c = 150$ mW)

ovlivňuje použitím vhodných kondenzátorů C1 a C2.

Ke zhotovení transformátoru jsem použil hříčkové jádro o průměru 14 mm z hmoty H 12, $A_L = 1500$. Při použití jiného jádra zůstává poměr závitů stejný, mění se pouze jejich počet podle jakosti a velikosti jádra. Tranzistor T1 (GC511) pracuje v měničích jako oscilátor s využitím kladné zpětné vazby. Druhý tranzistor (P13B) ovládá činnost oscilátoru a stabilizuje výstupní napětí regulací odběru proudu z monočlánu. Zenerovou diodou D2 se stanoví požadované napětí na výstupu. Hospodárný odběr proudu z monočlánu a optimální výkon měniče je závislý především na vlastnostech tranzistoru T2.

Na základě tohoto jednoduchého měniče byl zhotoven měnič podle obr. 2. Je vhodný k napájení měřicích přístrojů UV-30 nebo Delta (apod.). Měnič používá již delší dobu v univerzálním měřicím přístroji se vstupním odporem 30 M Ω , rozšířeném o měření kapacity od 1 pF do 5000 μ F a měření zesilovacího

činitele tranzistorů. Měnič pracuje spolehlivě, výstupní napětí je stejnosměrné i střídavé je velmi stálé, účinnost je asi 50 %.

Součástky (k obr. 2)

Rezistory (TR 151 apod.)
R1 56 k Ω
R2 680 Ω
R3 termistor 450 Ω

Kondenzátory

C1, C4 200 μ F/3 V
C2 2,2 nF
C3 100 μ F/15 V
C5 82 pF
C6 10 pF

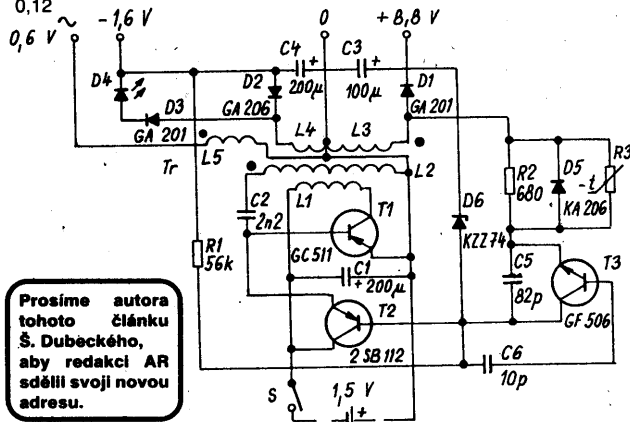
Polovodičové součástky

T1 GC511
T2 2SB112
T3 GF506
D1, D3 GA201
D2, D5 KA206
D4 LQ100
D6 KZZ74

Transformátor

Hříčkové jádro o \varnothing 14 mm, hmota H 12, $A_L = 1500$

L1 – 90 závitů drátu o \varnothing 0,16 mm CuL
L2 – 145 0,1
L3 – 180 0,12
L4 – 43 0,12
L5 – 25 0,12



Obr. 2. Měnič pro měřicí přístroj. T2, 2SB112 je Ge, p-n-p, $P_c = 70$ mW, $f_T = 1$ MHz

Výstup měniče je galvanicky oddělen od primárního okruhu. Dobrá stabilita výstupního napětí je zajištěna při použití napájecího napětí v rozmezí 1 až 4,5 V.

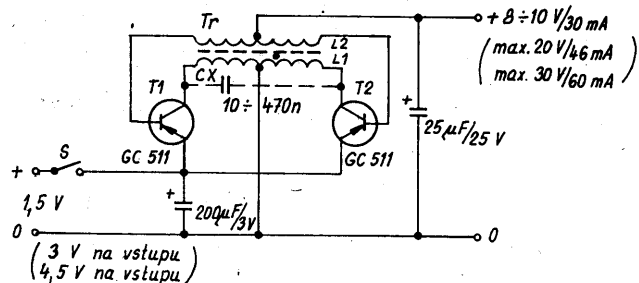
Součástky (k obr. 3)

Rezistory
R 15 k Ω
Kondenzátory
C1 200 μ F/3 V
C2 47 nF
C3, C4 20 μ F/15 V
C5, C7 150 nF
C6 3,3 nF
C8 20 nF
Polovodičové součástky
T1 GC511
T2 BC213A
T3 GC508
D1, D2 OA9

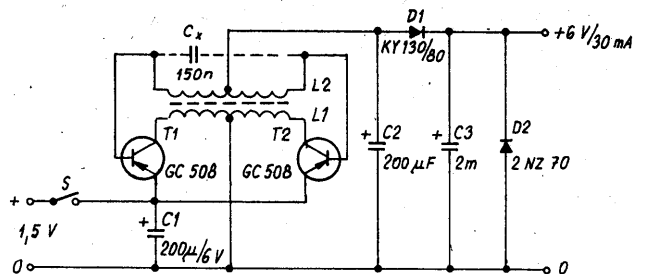
Transformátor

Hříčkové feritové jádro o \varnothing 14 mm, hmota H 12, $A_L = 1500$

L1 90 závitů drátu o \varnothing 0,2 mm CuL
L2 145 z 0,1 mm CuL
L3 180 z 0,12 mm CuL



Obr. 4. Výkonný měnič



Obr. 5. Měnič k napájení tranzistorových přijímačů

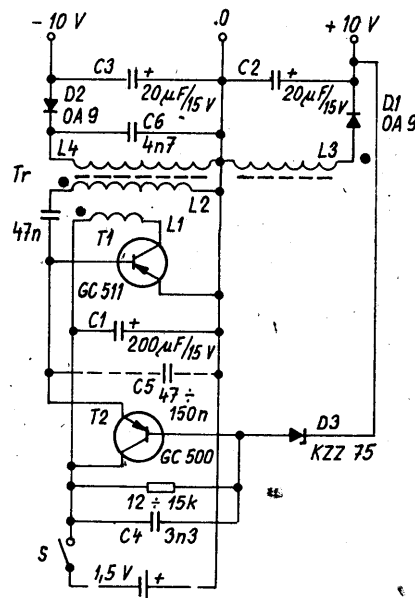
K měření kapacit kondenzátorů do 15 mF lze použít měnič podle obr. 4, který, napájen jedním monočlánkem 1,5 V typu 145, dodává na výstupu 8 až 10 V při proudu asi 30 mA s účinností asi 76 %. Použije-li se k napájení baterie 3 V, je odběr proudu asi 350 mA při sekundárním napětí 20 V/46 mA. Účinnost se zvětší tedy asi až na 80 %. Při napájení měniče baterií 4,5 V se účinnost měniče dále zlepšuje, na výstupu lze získat napětí až 30 V při zátěži 60 mA. Tento měnič může být použit k napájení přístrojů, u nichž nemusí být sekundární strana měniče galvanicky oddělena od primární strany – měnič je uváděn v činnost zátěží na výstupu. Z uvedených měničů je při použití tranzistorů GC511 nejvýkonnější a nejučinnější.

Ke zhotovení transformátoru jsem použil opět feritové hříčkové jádro o \varnothing 14 mm z hmoty H 12 s $A_L = 1500$. L1 má 2×17 až 22 závitů drátem o \varnothing 0,22 mm CuL, L2 2×110 až 140 závitů drátu o \varnothing 0,12 mm CuL. Kondenzátor C_x je účinnosti, jeho kapacitu je třeba stanovit tak, aby byl měnič pro daný účel co nejučinnější. V některých případech je vhodné přemostit kondenzátorem C_x báze tranzistorů T1 a T2, při použití tranzistorů GC511 je možné kondenzátor vypustit.

Měnič na obr. 4 lze po menší úpravě použít i k napájení přenosných tranzistoro-

vých rozhlasových přijímačů. Poslech je dobrý bez poruch na VKV, KV, SV a částečně i na DV. Zápojení měniče je na obr. 5. Je třeba dobře filtrovat napětí na výstupu – nestačí-li filtrace členem D1, C3, je nutné použít další filtrační členy. Kondenzátor C_x je účinnosti, slouží však současně i jako filtrační (odrušovací) a musí být zapojen mezi bázemi tranzistorů T1 a T2. Kapacita C2 podle obrázku je optimální. V měniči lze použít pouze tranzistory malého výkonu (125 mW), nejlépe GC507, 508. Údaje ostatních součástek jsou ve schématu (obr. 5). Transformátor je opět navinut na feritovém hříčkovém jádru o \varnothing 14 mm z hmoty H12, $A_L = 1500$. Vinutí L1 má 2×17 závitů drátem o \varnothing 0,22 mm CuL, L2 má 2×90 závitů drátu o \varnothing 0,12 mm CuL. Měnič slouží např. v rozhlasovém přijímači Hitachi s jedním monočlánkem 1,5 V již dlouhou dobu bez závad.

K získání souměrného napětí ± 10 V (pro přístroje a zařízení a operačními zesilovači) lze použít zapojení na obr. 6. V měniči jsem použil feritové hříčkové jádro o \varnothing 18 mm. Vinutí L1 má 60 závitů drátu o \varnothing 0,3 mm CuL, L2 100 závitů drátu o \varnothing 0,1 mm a L3, L4 mají každé 120 závitů drátu o \varnothing 0,12 mm CuL. V měniči jsou použity opět germaniové tranzistory, jako T2 lze použít i jiný typ tranzistoru p-n-p středního výkonu.



Obr. 6. Měnič k napájení operačních zesilovačů

Impulsní nabíječ akumulátorů

Ing. Evžen Brunner

Popisovaný nabíječ umožňuje nabíjet z autobaterie sady dvou až deseti článků NiCd. Nabíječ udržuje konstantní výstupní proud; výstupní napětí se může pohybovat od 0 V (krátkodobý zkrat výstupu) až do asi $1,7 \times U_{vst}$. Účinnost se pohybuje mezi 70 až 85 % podle režimu činnosti.

Vlastnosti nabíječe

Vstupní napětí: 6 až 12 V (ss, příp. střídavé).

Výstupní proud: 0,1; 0,2; 0,4; 0,8; 1,6 A (přepínatelný – při použití nezávislých tlačítek lze jednotlivé rozsahy kombinovat; max. proud asi 2 A).

Počet nabíjených článků: 2 až 10.

Stabilita výstupního proudu: < 10 % při změně výstupního napětí v rozsahu 5 až 16 V.

Zapojení a činnost nabíječe

Celkové schéma zapojení nabíječe je na obr. 1. Použité zapojení měniče je v literatuře označováno jako jednočinný blokující měnič

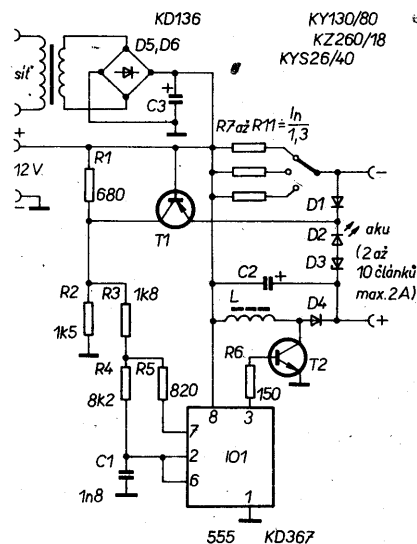
nebo také měnič se společnou indukčností. Tento typ měniče obrací polaritu výstupního napětí. Pro výstupní napětí platí přibližně:

$$U_{vyst} = U_{vst} \cdot t_2 / t_1$$

kde t_2 je doba, po kterou je spínač sepnut a t_1 je doba, po kterou je spínač rozpojen. V době, kdy je spínač (T2) sepnut, hrádí se energie v indukčnosti cívky L (proud narůstá); po rozpojení spínače dodává indukčnost proud do zátěže. Rychlost poklesu proudu je úměrná výstupnímu napětí (obr. 2).

Časovač 555 (IO1) pracuje jako řízený oscilátor. Střidu generovaných impulsů řídí tranzistor T1 tak, že se udržuje konstantní napětí na odporu pro nastavení výstupního proudu a tím i výstupní proud.

Pro odpor rezistorů R10 až R14 platí přibližně $R = 1/1,3$; koeficient 1,3 představuje

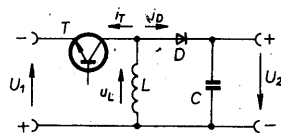
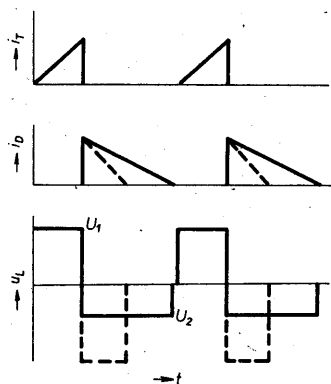


Obr. 1. Celkové schéma nabíječe

úbytek napětí na D1 a přechodu báze-emitor tranzistoru T1.

Indukčnost cívky je volena s ohledem na maximální proud spínačem (tranzistor T2) a na kmitočet spínání, popřípadě na maximální dobu sepnutí spínače t_2 :

$$L > t_2 U_{vst} / I_{max}$$

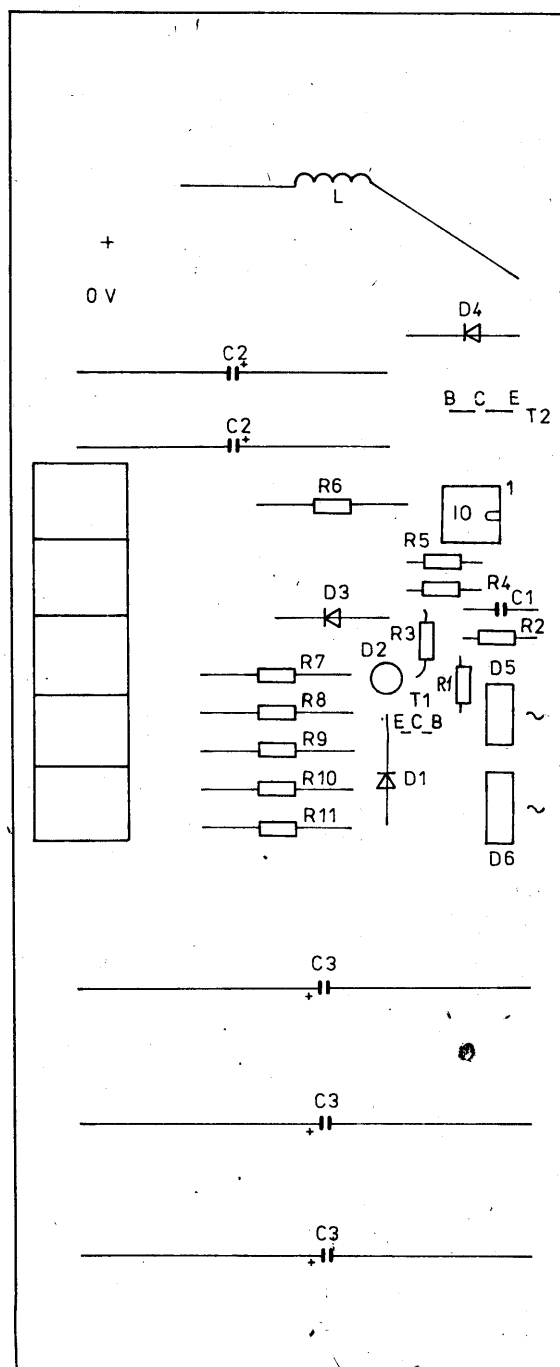
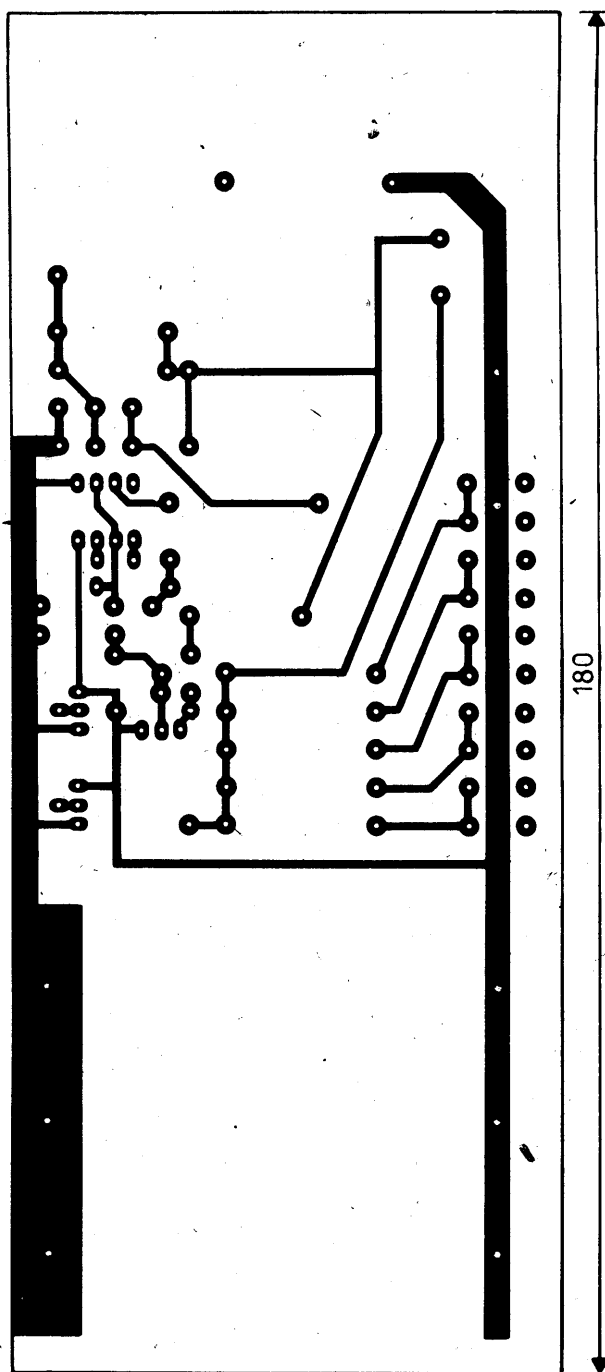


Maximální doby sepnutí se dosáhne při rozpojeném obvodu zpětné vazby, případně tehdy, když měnič při příliš velkém výstupním napětí již není schopen dodávat do zátěže nastavený proud. S použitými součástkami je t_2 asi 50 μ s. Pro napájecí napětí 12 V a maximální proud 10 A vychází indukčnost 60 μ H. Tato indukčnost byla realizována na feritovém hrníčkovém jádru o \varnothing 36 mm

Obr. 2. Časové průběhy proudů a napětí

z hmoty H22 navinutím 13 závitů a nastavena na požadovanou hodnotu změnou vzduchové mezery. Při použití jádra s konstantou $A_L = 400$ nH/z² odpadne nastavování indukčnosti. Uvedený rozměr jádra zajistí s rezervou, že ani při zvýšené teplotě okolí se materiál nepřesycuje. (Přesycení bývá spojeno s fatálními následky pro T2.)

Na místě T2 lze použít buď Darlingtonovu dvojici tranzistorů (KD367) nebo výkonový MOSFET (KUN05 nebo BUZ10,11), s kterým lze dosáhnout větší účinnosti. Dioda D4 musí být rychlá Schottkyho (KYS26/40). Zenerova dioda D3 omezuje maximální výstupní napětí na asi 20 V, přičemž LED D2 indikuje odpojení zátěže. Požijeme-li D3 s vyšším Zenerovým napětím, můžeme nabíjet i větší počet článků – maximální dosažitelný nabíjecí proud je přiměřeně nižší.



Obr. 3. Deska Z 711 s plošnými spoji a rozložení součástek

Použité součástky

Rezistory (není-li uveden typ, vyhoví TR190, TR161, TR212):

R1	680 Ω
R2	1,5 kΩ
R3	1,8 kΩ
R4	8,2 kΩ
R5	820 Ω
R6	150 Ω
R7	13 Ω, TR224 (proud 0,1 A)
R8	6,8 Ω, TR224 (proud 0,2 A)
R9	3,3 Ω, TR224 (proud 0,4 A)
R10	1,6 Ω, TR224 (proud 0,8 A)
R11	0,8 Ω, 2 až 4 TR224 paralelně (proud 1,6 A)

Pozn.: Pro přesné nastavení proudu je nutno R7 až R11 realizovat vhodnou sériově-paralelní kombinací rezistorů.

Kondenzátory:

C1	1,8 nF TC
C2	200 uF 2×TE 986 paralelně
C3	7,5 mF 3×TE 675 paralelně (jen pro střídavé napájení)

Polovodičové součástky:

IO1	BE 555 (n. jiný ekvivalent NE 555)
T1	KD136
T2	KD367, KUN05 ap. (viz text)
D1	KY130/80
D2	libovolná LED ($I_{max} = 50 \text{ mA}$)
D3	KZ260/18
D4	KYS26/40
D5, D6	KYS 930 (jen pro stř. napájení)

Přepínač: souprava ISOSTAT s max. 5 tlačítka
– rozteč 5 mm

Cívka:

L 60 μH, 13 z. vodičem o Ø 2 mm na hříčkovém
jádro o Ø 36 mm
z hmoty H22, $A_L = 400 \text{ nH/z}^2$

Oživení a nastavení

Ožívování začneme bez zapojeného výkonového spínače T2. Časovač musí generovat impulsy se střídou asi 1:5. Pokud nekmítá, je nutno zmenšit odpor rezistoru R1. Je-li vše v pořádku, připojíme T2, zátěž asi 50 Ω a nastavíme nabíjecí proud na 100 mA. Na zátěži by se mělo objevit napětí asi 5 V. Dále můžeme vyzkoušet omezení výstupního napětí odpojením zátěže.

Změnou R7 až R11 nastavíme požadovaný proud na jednotlivých rozsazích.

Osadíme-li D5, D6 a C3, můžeme nabíjet napájet z transformátoru s patřičně dimenzovaným sekundárním vinutím.

Stabilizovaný zdroj 0 až 30 V, 0 až 1 A

Jiří Krčmář

Návody ke stavbě stabilizovaných zdrojů jsou na stránkách AR poměrně časté. Vycházejí převážně z různých aplikací obvodu MAA723. Popisovaná konstrukce ukazuje, jak lze ve stabilizovaném zdroji využít operační zesilovač βM324.

Základním požadavkem při konstrukci zdroje bylo dosáhnout plynulé regulace napětí od 0 do 30 V. Ve známých zapojeních s MAA723 je ke splnění tohoto požadavku využíváno různých komplikovaných zapojení. Většinou mívá síťový transformátor dvě oddělená sekundární vinutí [1], nebo se užívá odporového můstku ve zpětnovazební smyčce [2], [3]. Nevýhodou můstkového zapojení je kromě jiného i to, že u nezátěžného zdroje nedosáhneme nulového napětí

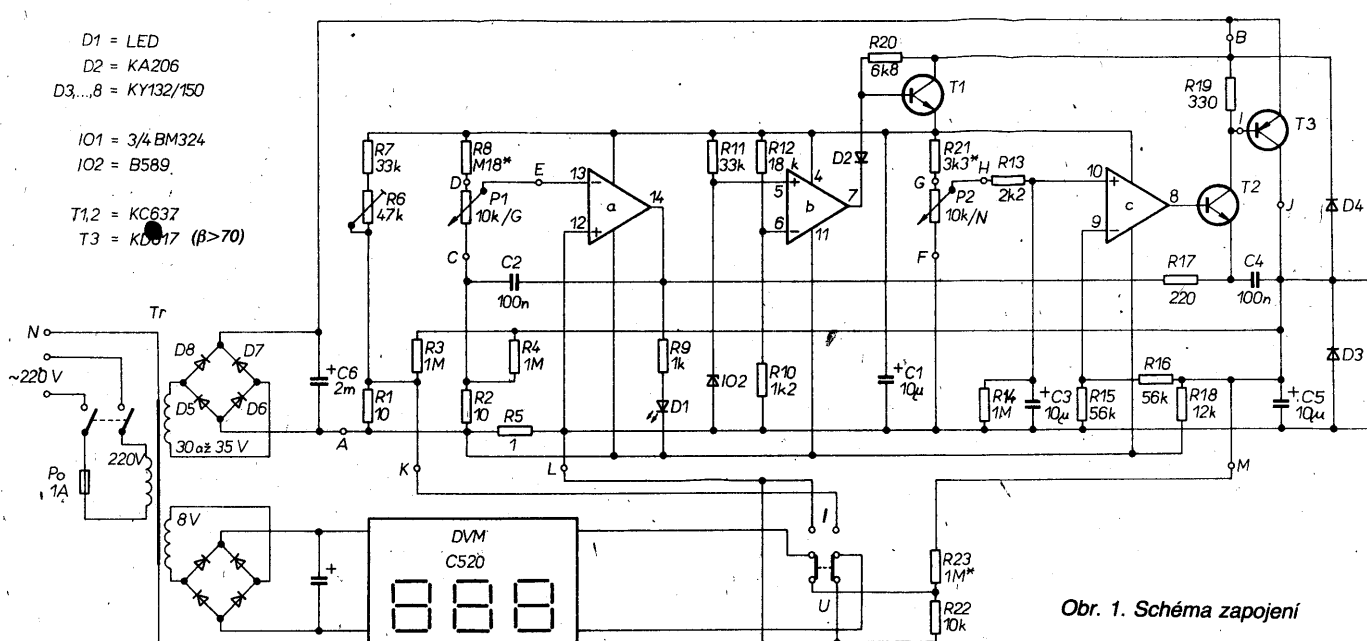
na výstupu. Plynulá regulace proudového omezení s indikací nebývá také zcela bez potíží.

Z těchto důvodů byl navržen a zkonstruován stabilizovaný zdroj, jehož základem je čtyřnásobný operační zesilovač βM324. Tento obvod má na vstupu OZ tranzistor p-n-p v Darlingtonově zapojení. Je proto schopen pracovat, i když mají jeho vstupy potenciál záporného napájecího napětí. Využitím této vlastnosti můžeme sestavit

Popis činnosti

Schéma zapojení je nakresleno na obr. 1. Usměrněné napětí se z C6 přivádí na koncový tranzistor T3 a k řídicím obvodům. Obvodem IO1b je stabilizováno vnitřní napájecí napětí celého zdroje; je asi 20 V. Jako zdroj referenčního napětí je použit obvod typu BAND GAP s IO2. Pod označením B589 byl vyráběn v NDR. Navenek se chová jako velmi kvalitní a stabilní Zenerova dioda s napětím asi 1,25 V [4]. Potenciometrem P2 lze regulovat napětí na vstupu OZ v rozmezí asi 0 až 15 V. Odpor rezistoru R14 zabezpečuje, aby při případné poruše běžce potenciometru nenarůstalo napětí na vyhlazovacím kondenzátoru C3 vlivem vstupního proudu OZ.

Zesílení koncového stupně určují rezistory R15 a R16. Kondenzátor C4 zabezpečuje dobrou odezvu zdroje na skokové změny zátěže. Proti napěťovým špičkám zvnějšíku



Obr. 1. Schéma zapojení

Seznam součástek

Rezistory (TR212, není-li uvedeno jinak):

R1, R2	10Ω
R3, R4, R14	1MΩ
R5	1Ω/1 W
R7, R11	33 kΩ
R8	0,18 MΩ, viz text
R9	1 kΩ
R10	1,2 kΩ
R12	18 kΩ
R13	2,2 kΩ
R15, R16	56 kΩ
R17	220 Ω
R18	12 kΩ
R19	330 Ω
R20	6,8 kΩ
R21	3,3 kΩ, viz text
R22	10 kΩ
R23	1 MΩ, viz text

Potenciometry:

R6	47 kΩ, TP 008
P1	10 kΩ, logaritmický
P2	10 kΩ, lineární (5 až 20 kΩ)

Kondenzátory:

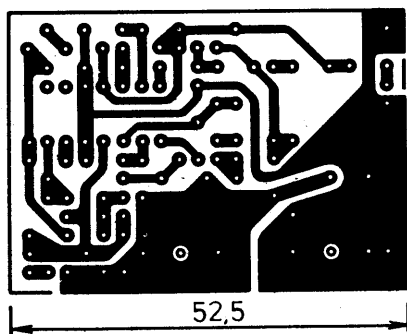
C1, C3	10 μF, TF 011
C2, C4	0,1 μF, TK 783
C5	10 μF, TE 006
C6	2 mF/50 V

Polovodičové součástky:

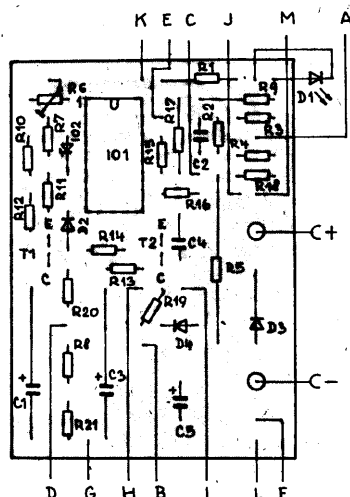
D1	LED, červená
D2	KA206
D3 až D8	KY 132/150
T1, T2	KC637
T3	KD617 ($\beta > 70$)
IO1	βM324 (LM324)
IO2	B589 (AD589)

Ostatní:

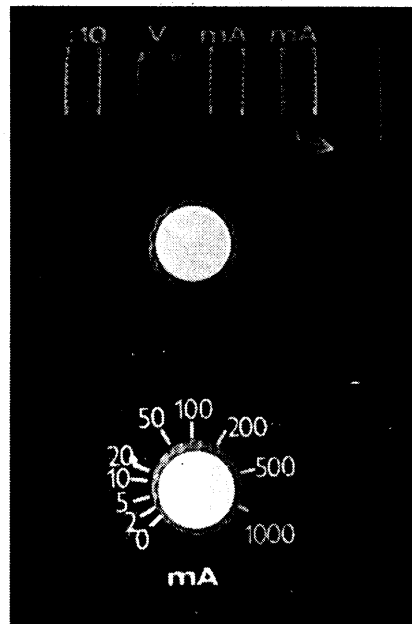
Tr – síťový transformátor 220 V/30 až 35 V, 8 V
– podle typu měřidla
Digitální měřidlo (např. C520, ICL7106)



Obr. 2. Deska s plošnými spoji Z712



Obr. 3. Rozmístění součástek na desce



Obr. 4. Ovládací prvky na panelu. Vpravo nahoře je vidět část displeje digitálního voltmetru

R17 uzavře výkonový stupeň T2 a T3. Současně se rozsvítí indikační dioda D1. Kondenzátor C2 zamezuje vř kmitání proudové ochrany.

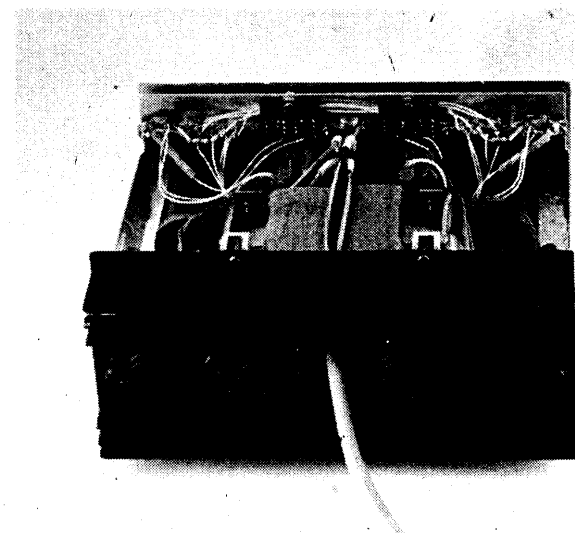
Do bodů K, L, M může být naznačeným způsobem připojeno digitální měřidlo, kterým lze měřit napětí nebo proud. Při použití ICL7106 lze proud měřit s přesností až na desetiny mA (po doplnění přepínačem rozsahů).

Stavba a oživení

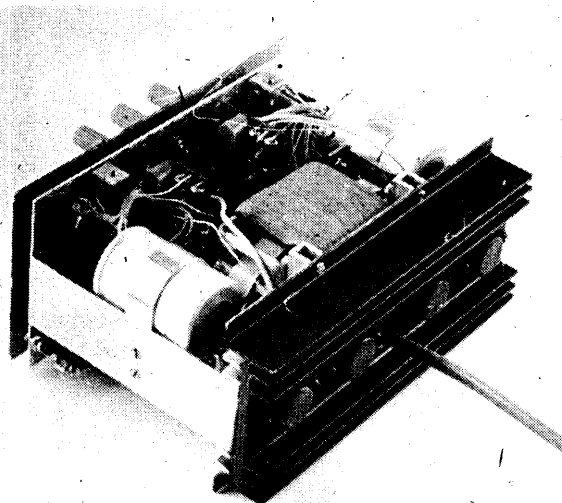
Součástky zdroje jsou na desce s plošnými spoji (obr. 2 a 3). Nepožadujeme-li měření proudu, můžeme vypustit rezistory R1, R3, R6 a R7. Dělič R22, R23 je umístěn přímo na přepínači napětí. V místě připojení výstupních svorek zanytujeme do desky trubkové nýty. Osazenou desku pak připájíme těmito nýty zezadu přímo k výstupním svorkám na předním panelu zdroje. Indikační dioda D1 je zapájena v desce a prostrčena otvorem v předním panelu.

je zdroj chráněn diodami D3 a D4. Rezistor R18 slouží k rychléjšímu a spolehlivému vybíjení kondenzátoru C5, jehož kapacita je určitým kompromisem mezi dvěma protichůdnými požadavky. Malá kapacita může způsobit vysokofrekvenční kmitání zdroje. Volit velkou kapacitu ale není příliš vhodné; závisle na nastavení proudového omezení by se totiž při zatížení choval zdroj na okamžik velmi „tvrdě“. Při napájení citlivých zařízení by to pro ně mohlo mít zhoubné důsledky.

Úbytku napětí na rezistoru R5 se využívá jednak pro činnost obvodu proudové ochrany, jednak pro měření proudu. Protože tímto rezistorem protéká nejen výstupní proud zdroje, ale i proud z IO2, R10, P2 a R15, jsou použity kompenzační rezistory R1, R2, R3, R4, R6 a R7. Napětí mezi body C a E lze potenciometrem P1 měnit přibližně od 0 do 1 V. Tím je řízen práh omezování. Při dostatečně velkém úbytku napětí na R5 se v závislosti na nastavení P1 překlopí OZ_a. Na jeho výstupu vzroste napětí, které přes rezistor



Obr. 5. Pohled shora, přibližující konstrukční uspořádání vnitřku dvojitého zdroje



Obr. 6. Pohled do přístroje zdola

Tranzistor T3 připevníme na vhodný chladič s plochou nejméně 200 cm². Diody D5 až D8 a kondenzátor C6 umístíme poblíž transformátoru. Nakonec propojíme celý zdroj podle schématu na obr. 3. Před oživením zapájíme namísto odporů R8 a R21 provizorně trimry o vhodném odporu.

Po připojení do sítě by zdroj měl být schopen činnosti. Trimrem na místě R21 nastavíme maximální výstupní napětí zdroje na 30 V a pak trimrem, nahrazujícím R8, maximální výstupní proud na 1 A. Trimry změníme a nahradíme rezistory. Využíváme-li měření proudu, nastavíme trimrem R6 nulové napětí mezi body K a L při nezatíženém zdroji.

Základní citlivost měřidla seřizujeme na proudovém rozsahu. Správný údaj na napěťovém rozsahu nastavujeme změnou odporu R23.

Použité součástky

Obvody β M324 a B589 byly k dispozici v prodejnách TESLA. Typ B589 můžeme v nouzi nahradit běžnou stabilizační diodou se Zenerovým napětím asi 5 až 6 V. Odpor rezistoru R10 pak zvětšíme asi na 6,8 k Ω . Zhorší se však teplotní stabilita. Obvod β M324 (LM324) jiným dostupným typem nahradit nelze. Kondenzátor C5 musí mít malý sériový ztrátový odpor – max. 1 Ω . Z našich nejlépe vyhoví typ TE006, který jej má asi 0,5 Ω . Válcové kondenzátory mívají obvykle 1,5 až 2 Ω . Doporučuji typ dodržet, jinak může s některými kusy IO1 zdroj kmitat. Pokud si rezistor R5 chceme zhotovit, vineme jej samozřejmě teplotně stabilním odporovým drátem. Kondenzátory C2 a C4 musí mít dovolené napětí alespoň 30 V. Nesmíme proto použít typ TK782 (označení Nn)!

U jednodušší verze zdroje bez měřidla se použijí potenciometry P2 a P1 běžného provedení a stupnice se ocejchují přímo v údajích výstupního napětí a proudu. Pro verzi s měřidlem je výhodnější použít P2 typu ARIPO (může mít odpor 5 až 20 k Ω). Napěťový dělič měřidla R22, R23 by neměl mít podstatně menší vstupní odpor než 1 M Ω . Jinak by bylo nutné měnit kompenzační rezistory R3 a R4.

Při navijení síťového transformátoru doporučuji vložit mezi primární a sekundární vinutí stínící fólii, kterou připojíme ke kostře

zdroje. Pozor, aby netvořila závit nakrátko. Kostru uzemníme síťovou šňůrou na nulový vodič. Omezi se tím různé nežádoucí vlivy v důsledku parazitní kapacity mezi vinutími transformátoru. Pokud při napětí blízkém se 30 V nehodláme ze zdroje odebírat plný proud, můžeme použít i transformátor s menším sekundárním napětím.

Vlastnosti a použití

Díky použitému OZ s velkým zesílením má zdroj velmi malý vnitřní odpor i zvlnění výstupního napětí. Při zatěžování proudem do 1 A není na 3 1/2místném multimetru patrná žádná změna napětí (měřeno přímo na svorkách) a zvlnění je menší než 0,3 mV (efektivní hodnota).

Zdroj dává plně napětí bez poklesu až těsně k hranici omezování. V režimu proudového omezování jej lze používat i jako poměrně stabilní zdroj proudu. Můžeme např. přímo bez odporu zkoušet svítivé diody, nebo měřit charakteristiky součástek apod.

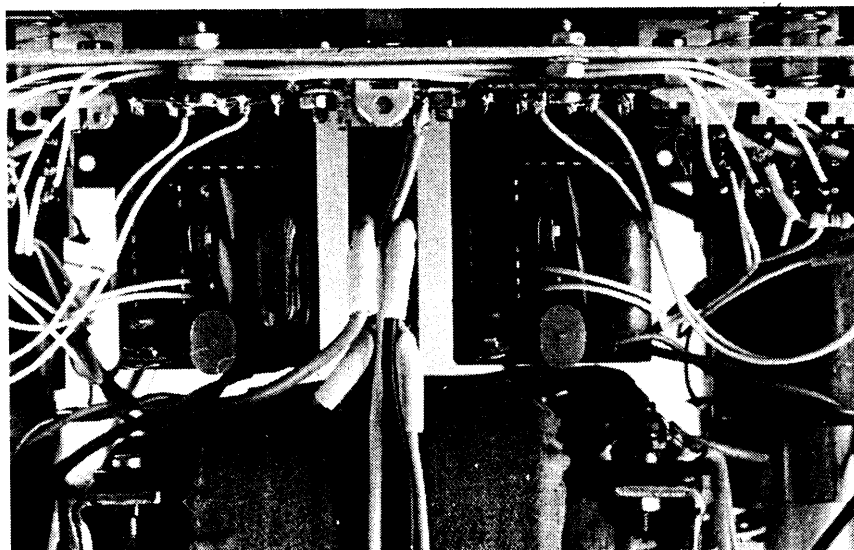
Máme-li ve zdroji vestavěno měřidlo, můžeme jej též využívat k nenáročnému měření napětí (vnějšího) až do 30 V. K tomu je zapotřebí nastavit výstupní napětí zdroje na 0 V a měřené napětí přivést na svorky zdroje. Vstupní odpor tohoto „voltmetru“ je asi 10 k Ω s paralelní kapacitou asi 10 μ F.

Z popsaných nezávislých funkčních celků lze samozřejmě sestavit i dvojité laboratorní zdroje, jehož svorky lze pak různě kombinovat a spojovat. Pokud bychom chtěli zapojení použít i pro jiné výstupní napětí, musíme změnit odpory rezistorů R7, R8 a R12. Např. pro 20 V má R7 22 k Ω , R8 120 k Ω a R12 = 12 až 15 k Ω . Pro větší výstupní proudy bychom museli dvojici T2 a T3 doplnit dalším tranzistorem. To však nedoporučuji, protože jsou pak značné problémy s kmitáním zdroje.

Konstrukce je řešena tak, aby si ji každý mohl přizpůsobit svým požadavkům a možnostem.

Literatura

- [1] Chrastina, M.: Zdroj 0 až 30 V, 0 až 3 A s MAA723 AR-A č. 9/83.
- [2] Machovec, Korous, Bartušek, Libý: Regulovatelný zdroj 0 až 20 V s obvodem MAA723H, AR-B č. 6/83.
- [3] Kubáš, P.: Dva univerzální zdroje. Příloha AR/87.
- [4] Haas, K.; Zuska, J.: Moderní měřicí přístroje a jejich obvody. AR-B č. 4/81.



Obr. 7. Detailní pohled shora ukazuje umístění dvou desek digitálního voltmetru

ELEKTRO

BROŽ

DODÁVÁ
veškeré pasivní i aktivní

ELEKTROSOUČÁSTKY
tuzemské i z dovozu

- **KATALOG sortimentu zasílá zdarma:**
ELEKTRO BROŽ, propagace, box 14, 160 17 Praha 617
- **VELKOOBCHODNÍ objednávky vyřizuje:**
ELEKTRO BROŽ, odbyt, 273 02 Tuchlovice, tel. 0312 93248
- **MALOOBCHODNÍ prodej: Praha 6, Za vokovickou vozovnou 2**
Tuchlovice, Karlovarská 180